차 례

머 리 말

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나라의 경제적위력을 강화하기 위하여서는 인민경제의 주체화, 현대화의 요구에 맞게 금속공업을 빨리 발전시켜야 한다.》

금속공업은 자립경제의 기둥이다.

금속공업을 발전시키지 않고서는 국방공업을 비롯한 인민경제 모든 부문을 발전시킬수 없고 인민생활도 높일수 없다.

위대한 수령님과 경애하는 장군님께서는 나라의 경제발전에서 금속공업이 차지하는 중요성을 깊이 헤아리시고 자립적이며 현대적인 금속공업의 발전을 위한 귀중한 가르치심을 주시였으며 그 실현을 위한 투쟁을 현명하게 이끌어주시였다.

결과 오늘 우리 나라에서는 현대적인 야금기지가 일떠서고 우리 식의 주체철생산체계가 완성되여 강철생산과 유색금속생산에서 획기적인 전변을 가져오게 되였다.

우리는 강성대국건설의 현실적요구에 맞게 금속공업을 더욱 발전시키기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 한다.

《금속》과목에서는 금속의 생산과 그 가공방법에 대한 내용들을 통속적으로 학습하게 된다.

우리는 금속의 성질과 생산방법에 대한 학습을 잘하여 선군시대에 금속공업을 떠밀고나갈 일군으로 준비해야 한다.

제1장. 야 금

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《금속공업부문에서는 콕스탄을 적게 쓰거나 전혀 쓰지 않고 우리 나라 연료로 철을 생산하며 지금 있는 용광로와 제강로의 생산성을 더 높이도록 하여야 합니다.》

야금이란 광석 또는 기타 금속원료들을 여러가지 방법으로 처리하여 금속을 생산하며 그것을 가공하는 기술이다.

야금은 흑색금속야금과 유색금속야금으로 구분한다.

인민경제의 주체화, 현대화, 과학화의 요구에 맞게 강철생산을 결정적으로 늘이는것은 전반적인 경제를 더욱 발전시켜 주체의 강성대국을 앞당기는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

금속공업을 발전시켜 강철생산을 늘여야 국방공업과 날로 늘어나는 기본건설과 기계공업에 요구되는 강재에 대한 수요를 충족시킬수 있으며 우리의 국방력을 더욱 강화할수 있다.

또한 현대과학과 기술에 요구되는 특수금속재료들을 원만히 보장할수 있다.

제1절. 금속에 대한 일반적개념

1. 금속의 본질과 성질

1) 금속의 본질

금속은 윤기가 나고 열 및 전기가 잘 통과하며 판이나 줄 등 여러가지 형태로 가공할수 있는 가소성이 있는 물질이다.

금속가운데서 오직 수은(Hg)만이 상온(20℃정도)에서 액체이고 나머지는 모두 고체이다.

현재까지 알려진 114개의 화학원소들가운데서 96개는 금속이다.

금속은 한가지 원소로 된것이면 순금속이라고 하고 두가지이상의 원소로 된것이면 합금이라고 한다.

금속은 공업적으로 크게 흑색금속과 유색금속으로 나눈다.

① 흑색금속

흑색금속이란 철과 그의 합금을 말한다.

금속생산량가운데서 대부분은 흑색금속이다.

흑색금속은 쓰는 목적에 따라 크게 순철, 강철, 선철로 나눈다.

—순철

순철은 화학조성으로 볼 때 비교적 순수한 철을 말한다.

순철의 순도는 보통 99.3%이상이다.

순철의 순도가 99.99%이상이면 고순도철, 99.999%이상이면 초고순도철이라고 한다.

순철은 전자석철심과 전동기회전자 및 특수한 재료를 만드는 원료로 쓰인다.

—강철

강철은 탄소가 2.14%이하 들어있는 철탄소합금을 말한다.

철에 탄소와 철생산과정에 불가피하게 들어가는 Si, Mn, P, S 등이 들어있는 강철을 탄소강이라고 하며 탄소강에 있는 원소외에 다른 합금원소로서 Cr, Ni, Mn, V, Mo, W, Ti, Zn, Al, B, Cu 등을 더 넣어준 강철을 합금강이라고 한다.

합금강은 탄소강에 비해 기계적성질과 화학적성질 및 물리적성질이 보다 좋은 강철이다.

강철은 기계부분품이나 공구 및 여러가지 구조물을 만드는데와 전기 및 전자재료를 만드는데 쓴다.

—선철

선철은 탄소가 2.14%이상 들어있는 철탄소합금을 말한다.

선철은 용도에 따라 제강용선철과 주물용선철로 나눈다.

삼화철이나 해면철은 제강용선철에, 립철은 주물용선철에 속한다.

② 유색금속

유색금속이란 철을 제외한 금속과 그의 합금을 말한다.

유색금속재료는 기계공업과 전자공업 특히 국방공업을 발전시키고 인민생활을 높이는데서 없어서는 안될 매우 귀중한 재료이다.

멘델레예브원소주기표에 지적된 전체 원소의 약 84%가 금속이며 철을 제외한 모든 금속은 유색금속이다. 일부 경우에 철의 합금원소로 쓰이는 크롬과 망간 및 니켈을 흑색금속에 포함시키는 경우도 있다.

밀도가 5 000kg/m^3이하인 유색금속을 경금속이라고 하고 밀도가 5 000~14 000kg/m^3인 유색금속을 중금속이라고 하며 화학적활성이

매우 작아서 자연계에 오래동안 금속상태로 존재할수 있는 금속을 귀금속, 지각중에 함유량이 많지 못하고 발견과 리용이 늦게 된 금속을 희유금속이라고 한다.

2) 금속의 성질

금속은 금속원자들로 형성된 일정한 모양의 결정구조로 이루어져있는데 금속원자와 자유전자사이에 금속결합을 이룬다.

금속의 성질은 크게 기계적성질과 물리적성질 및 화학적성질, 공학적성질로 특징지을수 있다.

(1) 기계적성질

기계적성질은 세기와 굳기 및 가소성, 인성으로 평가한다.

기계적성질에서 세기가 가장 중요한 지표이다.

세기란 외부에서 금속에 천천히 힘을 가할 때 파괴되는 순간까지 저항하는 능력을 말한다.

굳기란 금속의 겉면을 그것보다 더 굳은 물질로 누를 때 소성변형에 저항하는 능력을 말한다.

굳기가 높을수록 잘 마모되지 않는다.

가소성이란 금속에 힘을 가할 때 파괴되지 않으면서 변형되는 능력을 말하며 인성이란 충격짐이 작용할 때 파괴에 저항하는 능력을 말한다.

금속의 가소성과 인성이 높을수록 기계부분품이 잘 파괴되지 않고 오래 쓸수 있다.

(2) 물리적성질

금속은 일정한 물리적성질을 가지고있다.

물리적성질은 밀도, 색갈, 녹음점, 열전도도, 비열, 전기적성질, 자기적성질 등으로 평가한다.

금속의 물리적성질에 기초하여 금속을 합리적으로 선정하여 리용하여야 한다.

(3) 화학적성질

금속의 화학적성질에서 중요한것은 부식이다.

부식이란 금속 및 비금속재료들이 주위의 매질과 화학적 및 전기화학적으로 작용하여 화합물로 되면서 겉면으로부터 차츰 파괴되는 현상

을 말한다.

그가운데서 화학반응에 의하여 진행되는 부식(례하면 높은 온도에서 금속의 산화)을 화학적부식이라고 하고 전기화학반응결과에 일어나는 부식(례하면 누기, 산, 바다물 등 전해질속에서 금속의 부식)을 전기화학적부식이라고 한다.

금속의 화학적성질은 기본적으로 원자의 바깥전자층에 놓여있는 전자의 운동에 의하여 결정된다.

례를 들면 알카리금속들은 원자안에서 바깥전자들이 매우 쉽게 떨어져나가므로 활성이 아주 세며 귀금속들은 이러한 전자들이 좀처럼 떨어져나가지 않으므로 화학적으로 안정하다.

(4) 공학적성질

공학적성질이란 재료의 생산과 가공과정에 필요한 성질들을 말한다.

금속의 공학적성질에는 주조성과 압착가공성, 용접성, 절삭가공성 같은것이 있다.

주조성이란 금속재료가 주물품재료로서 알맞춤한가를 특징지으며 주조과정에 주물품의 질에 많은 영향을 주는 공학적성질을 말한다.

주조성에는 액흐름성과 줄음, 몰림, 가스흡수성 같은것이 있다.

압착가공성이란 압착가공과정에 바깥힘의 작용에 의하여 금속재료가 파괴되지 않으면서 쉽게 변형되는 성질을 말한다.

가열된 상태에서 누름에 의한 변형능력을 흔히 가단성이라고 하는데 이것은 단조, 열간압연과 같은 압착가공성을 특징짓는다.

용접성이란 금속재료가 녹아서 서로 잘 붙으며 용접이음부와 그 둘레부분에서 결함이 없고 이음세기를 비롯한 요구하는 성질들을 보장하는가를 특징짓는 성질을 말한다.

절삭가공성이란 금속재료를 공구로 깎을 때 얼마나 쉽게 잘 깎이는가를 특징짓는 성질을 말한다.

재료의 절삭가공성이 좋다는것은 공구가 적게 닳고 깎는 힘이 적게 들며 절삭속도가 빠르면서도 얻어지는 가공겉면의 정결도가 높다는것을 의미한다.

절삭가공성은 일반적으로 열전도도가 크면 좋고 굳기와 세기가 높으면 나쁘다.

2. 금속의 분류

1) 흑색금속의 분류

흑색금속재료인 강철은 합금원소를 넣지 않았는가 혹은 넣었는가에 따라 탄소강과 합금강으로 나누며 주철도 역시 일반주철과 합금주철로 나눈다.

실제에 있어서 흑색금속에는 탄소만 아니라 용해과정에 들어가는 원소들이 있다. 이런 원소들을 혼입원소라고 하는데 혼입원소들로서는 Mn, Si, S, P, H, O, N 등이다.

(1) 탄소와 혼입원소들의 영향

① 탄소(C)

탄소는 강철의 조직과 성질에 가장 큰 영향을 준다.

탄소함유량이 많아짐에 따라 세기와 굳기는 높아지며 가소성과 인성이 낮아진다. 또한 탄소함유량이 많아지면 전기전도도, 열전도도, 밀도 등은 점차 작아지며 전기저항과 비열 등은 커진다.

탄소함유량이 많아지면 또한 부식속도가 빨라지며 압착가공성과 용접성이 나빠진다.

② 망간(Mn)

망간은 철생산과정에서 쇠물속에 함유된 산소를 빼고 류황을 없애는 역할을 한다. 이런 작용을 하고 남은 망간이 강철속에 많이 포함되여있으면 세기와 튐성이 높아지게 되므로 굳기가 세지고 잘 마모되지 않게 한다.

③ 규소(Si)

규소도 역시 철생산과정에서 탈산제로 쓰인다.

규소의 탈산능력은 망간보다 세다.

규소는 세기와 튐성을 높여주지만 가소성은 낮춘다.

규소는 탈탄작용이 심하여 탄소가 흑연결정을 이루게 하므로 고탄소강에서는 탈탄과 흑연화에 주의를 돌려야 한다.

④ 류황(S)

류황은 강철안에서 매우 유해로운 혼입원소이다.

류황은 강철속에서 주로 FeS로 존재하는데 FeS는 Fe와 함께 녹음점이 980℃밖에 안되는 공정물을 이룬다.

공정물이란 하나의 액체금속(합금)으로부터 일정한 온도에서 서로

다른 고체상태로 결정화된 혼합물을 말한다.

공정물의 녹음점은 이것을 구성하는 매 물질들의 녹음점보다 더 낮다.

공정물은 열간압착가공온도에서 녹으면서 립자결합력을 약화시키기 때문에 열간상태에서 적열취성(고온에서의 취성)을 나타낸다.

일반적으로 취성이란 금속에 힘을 주거나 변형시키면 부러지거나 깨지는 성질을 말한다.

강철속에 있는 류황을 없애자면 망간을 넣어주어야 한다.

⑤ 린(P)

린은 강철속에서 FeP(금속간화합물)를 만들면서 알갱이경계에 배치되여 립자결합력을 약화시키기때문에 랭간에서 취약하게 하는 해로운 원소이다.

때문에 흔히 강철속에서 린함유량을 0.05% 아래로 제한해주고있다.

⑥ 수소(H)

수소는 강철을 녹일 때 공기나 장입물속에 있던 물기가 분해되여 강철안에 들어가게 된다.

강철안에 들어있는 수소는 다른 기계적성질(세기와 굳기)에는 크게 영향을 주지 않으나 희게 보이는 점(백점)을 만들면서 강철의 충격값과 피로세기를 훨씬 낮추고 가소성을 낮추는 해로운 원소이다.

⑦ 산소(O)

산소는 산화개재물(FeO, SiO_2, Al_2O_3)을 만들면서 강철의 세기와 가소성 및 인성을 몹시 낮춘다.

또한 열간압착가공할 때 적열취성을 일으킨다.

⑧ 질소(N)

질소는 Fe와 취약한 질화물인 Fe_4N(금속간화합물)을 만들면서 강철의 취성을 크게 한다. 특히 질소가 많이 함유된 강철을 소경한 다음 300~500℃에서 가열하면 Fe_4N이 석출되면서 취성을 일으킨다. 이런 현상을 청열취성이라고 한다.

청열취성을 막기 위해서는 Zr, Ti, V, Al 등 강한 질화물을 만드는 원소를 넣어 강철안의 질소가 과포화되지 못하게 해야 한다.

이상에서 보는바와 같이 혼입물은 강철에서 유해로운 작용을 한다.

그러나 어떤 경우에는 제품의 용도와 가공특성에 맞게 이 혼입물들을 더 첨가하여 리롭게 쓰고있다.

(2) 강철의 분류와 자호표시

① 탄소강의 분류와 자호표시

—탄소강의 분류

탄소강은 제강방법, 탄소와 류황 및 린함유량, 용도 등에 의하여 여러가지로 나눈다.

제강방법에 따라 전로강, 평로강, 전기로강으로 나누며 제강할 때 로안에서의 탈산행정에 따라 비등강, 반진정강, 진정강으로 나눈다.

비등강이란 쇠물을 망간철만으로 약하게 탈산함으로써 쇠물이 응고될 때 그안에 있던 산소와 탄소가 반응하여 CO가스를 발생시키면서 쇠물을 비등(끓게 하는것)시키는 강철을 말한다.

진정강이란 알루미니움과 규소철 및 망간철로 완전히 탈산하여 쇠물이 응고될 때 비등되지 않고 잔잔하게 되는 강철을 말한다.

반진정강이란 탈산제를 어느 정도 넣어 쇠물이 응고될 때 약하게 비등되는 강철을 말한다.

강철안의 탄소함유량에 따라 저탄소강(보통 탄소가 0.25% 아래), 중탄소강(보통 탄소가 0.25～0.6%) 및 고탄소강(보통 탄소가 0.6%이상)으로 나눈다.

강철의 용도에 따라 구조용강(구조물과 기계부분품을 만드는 강철)과 공구용강(공구를 만드는 강철)으로 나눈다.

구조용강은 류황과 린함유량에 따라 보통질구조용강과 량질구조용강으로 나눈다.

보통질구조용강은 주로 건설구조물을 만드는데 쓰이는 강철로서 대체로 열처리를 하지 않고 압연한 상태로 쓴다. 그러나 최근에 보통질구조용강들도 될수록 열처리를 해주는 방향으로 나가고있다.

량질구조용탄소강은 탄소함유량에 따라서 침탄용강(탄소 0.3%이하)과 개선용강(소경과 고온소려, 탄소 0.3~0.6%), 용수용강(탄소 0.6%~0.9%)으로 나눈다. 량질구조용강은 주로 여러가지 기계구조물을 만드는데 쓰는 강철로서 압연한 다음 열처리하여 쓴다.

이 강철은 침탄하여 볼트, 나트, 랭간형단조품, 고압관, 이바퀴, 캄축, 축, 크랑크축, 여러가지 용수철, 쇠바줄, 피아노선 등을 만드는데 쓴다.

공구강도 량질공구강과 고질공구강으로 나눈다.

이외에도 탄소강에는 회전속도가 빠른 절삭기대에서 공구의 수명을 떨구지 않고 절삭속도를 높이 보장할수 있는 쾌삭강이 있다.

쾌삭강에서 류황의 함유량은 0.08~0.3%이고 린의 함유량은

0.05~0.15%이다.

—탄소강의 자호표시

탄소강의 자호는 그것의 용도와 류황, 린의 함유량에 따라 표시한다.

보통질구조용탄소강의 자호는 Ⅰ종강철과 Ⅱ종강철, Ⅲ종강철로 나누어 표시한다.

Ⅰ종강철은 금속공장에서 열간압연한 상태 그대로 쓰이는 강철인데 화학조성에 관계없이 기계적성질에 의하여 자호를 강0, 강1, 강2, 강3, 강4, 강5, 강6, 강7로 표시한다.

이 강철들은 여러가지 기계부분품, 건설구조물, 농기계, 볼트, 나트, 증기관, 가스관, 차축, 전동축, 치차, 사슬, 키 등을 만드는데 쓴다.

Ⅱ종강철은 화학조성(C, Si, Mn, P, S)에 의하여 강철을 생산한 로의 이름을 붙여 자호를 표시한다. 실례로 전기로에서 생산된 강철의 경우에는 전강0, 전강1, 전강2, …, 전강7로, 산소전로에서 생산한 강철인 경우 ㅅㅈ강0, ㅅㅈ강1, ㅅㅈ강2, …, ㅅㅈ강7로, 공기전로에서 생산한 강철인 경우 ㄱㅈ강0, ㄱㅈ강1, ㄱㅈ강2, …, ㄱㅈ강7로 표시한다. 수자가 클수록 탄소함유량이 높아진다. 이 강철들은 열간압착가공하거나 열처리하여 여러가지 철근, 형강, 경량레루 등을 만드는데 쓴다.

Ⅲ종강철의 기계적성질은 Ⅰ종강철과 같고 화학조성은 Ⅱ종강철과 같다.

이 강철의 자호는 Ⅲ강0, Ⅲ강1, Ⅲ강2, …, Ⅲ강7로 표시한다.

실례로 Ⅲ강3은 기계적성질이 강3과 같고 화학조성이 평강3과 같다.

량질구조용탄소강은 망간의 함유량에 따라 Ⅰ종강철과 Ⅱ종강철로 나누어 표시한다.

Ⅰ종강철에는 망간함유량이 0.2~0.8%인 강철이 속하는데 자호는 탄소함유량의 100배 한 두자리수자로 표시한다. Ⅰ종강철에는 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 등이 있다.

Ⅱ종강철에는 망간함유량이 0.7~1.2% 범위에 있는 강철이 속하는데 자호는 Ⅰ종강철과 같이 탄소함유량의 100배 한 두자리수자와 함께 뒤에 《Mn》기호를 붙여주는 방법으로 표시한다.

Ⅱ종강철에는 15Mn, 20Mn, 25Mn, 35Mn, …, 70Mn이 있다.

현재 국가규격으로 제정된 구조물제작용강철의 자호표시법은 다음과 같다.

일반구조용강철은 우리말 《강》자 뒤에 세기한계범위의 최대값을

써준다. 실례로 《강185》에서 185는 이 강철의 세기한계 175~185MPa에서의 최대값이다.

철근콩크리트용강철은 원형철근콩크리트용강철과 특골형철근콩크리트용강철로 나누는데 원형철근콩크리트용강철의 자호는 우리말의 자음 《ㅊ》뒤에 이 강철의 류동한계값을 써주며 특골형철근콩크리트용강철은 《ㄹㅊ》뒤에 류동한계값을 써준다. 실례로 《ㅊ240》은 류동한계가 240MPa인 원형철근콩크리트용강철을 의미하며 《ㄹㅊ300》은 류동한계가 300MPa인 특골형철근콩크리트용강철을 의미한다.

공구용탄소강의 자호는 탄소기호 《C》뒤에 탄소함유량의 10배 한 수를 써준다. 공구용탄소강에는 고질공구용탄소강과 량질공구용탄소강이 있다.

고질공구용탄소강인 경우 자호뒤에 《ㄹ》를 붙여준다.

량질공구용탄소강에는 C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13이 있으며 고질공구용탄소강에는 C7ㄹ, C8ㄹ, C9ㄹ, C10ㄹ, C11ㄹ, C12ㄹ, C13ㄹ 등이 있다. 공구용탄소강은 정, 랭간형타, 끌, 톱, 바이트, 드릴, 답브, 다이스, 줄칼, 쇠톱, 면도날 등을 만드는데 쓴다.

쾌삭강은 자호앞에 《쾌》를 써준다. 여기에는 쾌12, 쾌20, 쾌30, 쾌40Mn이 있다.

쾌삭강은 볼트, 나트, 핀, 작은 치차 등을 만드는데 쓴다. 또한 비등강은 자호마감에 《ㅂㄷ》로, 반진정강은 《ㅂㅈ》로, 선박용강은 《ㅅ》, 주강(주물하여 얻은 강철제품)은 《주》로 표시하며 보이라용강일 때와 용접봉소재일 때 《보》와 《접》을 자호앞에 붙여준다.

참고자료

나노철의 세기

나노재료란 그것을 이루는 립자의 크기가 nm수준에 있는 재료를 말한다.

립자의 직경이 8nm($8 \cdot 10^{-9}$m)인 나노철다결정체의 파괴세기(당김세기)는 보통철보다 12배 높다.

탄소함유량이 1.8%인 보통강철(거시결정재료)의 파괴세기(당김세기)는 약 500MPa인데 이런 조성의 강철을 나노결정으로 만들어 파괴세기(당김세기)를 측정한 결과 6 000MPa이나 되였다.

즉 파괴세기가 12배나 높아졌다.

② 합금강의 분류와 자호표시

—합금강의 분류

합금강은 조직과 용도 및 첨가된 합금원소의 종류에 의하여 나눈다.

합금강은 용도에 따라 구조용합금강(침탄용강, 개선용강, 용수철용강, 베아링강 등)과 공구용합금강(절삭공구용강, 고속도강, 형타용강, 측정용공구강 등) 및 특수한 물리화학적성질을 가진 강철(불수강, 내산강, 내열강, 자석강 등)로 나눈다.

합금강은 합금원소의 종류에 따라서 크롬강, 망간강, Cr-Ni강, Cr-Ni-Mo강 등으로 나눈다.

합금강은 또한 합금원소의 량에 따라 저합금강(합금원소의 량 2.5%)과 중합금강(합금원소의 량 2.5~10%) 및 고합금강(합금원소의 량 10%이상)으로 나눈다.

—합금강의 자호표시

합금강의 자호는 일반적으로 수자-문자-수자-문자… 체계로 표시한다.

구조용합금강의 자호는 탄소함유량의 평균값을 100배 한 수자를 앞에 쓰고 그뒤에 합금원소의 기호와 이 원소의 평균함유량에 대한 수자를 써서 표시한다.

합금원소의 함유량이 1%정도일 때에는 합금원소의 기호만 쓰고 수자는 쓰지 않는다.

실례로 30CrNi3은 평균탄소함유량이 0.3%, 크롬의 평균함유량은 1%, Ni의 평균함유량은 3%인 구조용합금강이다.

합금강에서도 고질강인 경우에는 뒤에 《ㄹ》를 붙인다.

공구용합금강인 경우에는 평균탄소함유량의 10배 한 수자를 쓰고 그뒤에 구조용합금강에서와 같이 합금원소의 기호와 수자를 쓴다.

평균탄소함유량이 1%이상일 때에는 구조용합금강의 자호와 혼돈되지 않도록 하기 위하여 앞에 10배 한 수자를 쓴다.

실례로 9CrSi는 평균탄소함유량이 0.9%, Cr 1%와 Si 1%를 함유한 공구용합금강이다.

참고자료

미량합금구조용강의 우점

미량합금구조용강은 기계설비와 금속구조물제작에서 합금원소와 강재, 에네르기를 많이 절약할수 있게 한것이다.

미량합금구조용강은 Nb, Ti, V, Zr, B 등을 보통 0.001~0.1% 정도 넣은 강철이다. 강철에 Nb, Ti, V, Zr을 미량첨가하면 금속립자가 작아지고 질소와 탄소가 굳은 질화물, 탄화물, 탄질화물로 되여 류화물의 형태가 변화되면서 강철의 세기와 인성이 높아진다.

미량합금구조용강을 생산에 도입하면 경제적효과가 크다.

첫째로, 미량합금구조용강은 기계적성질이 좋으므로 기계설비나 구조물을 경량화할수 있다.

둘째로, 값비싼 합금원소를 많이 절약할수 있다.

셋째로, 기계부분품들을 만들 때 열처리를 하지 않아도 되므로 많은 에네르기를 절약할수 있다.

특수한 물리화학적성질을 가지는 합금강중에서 불수강이나 내열강인 경우에도 일반적으로 평균탄소함유량의 10배 값을 써주는데 탄소함유량이 적은 경우에는 0, 00, 000을 써준다.

0인 경우 탄소함유량이 0.08%이하이고 00인 경우에는 탄소함유량이 0.04%이하이며 000인 경우에는 탄소함유량이 0.03%이하라는것을 의미한다.

불수강이나 내열강에서도 때때로 첫 수자를 써주지 않는 경우가 있는데 이때에는 공구용합금강에서처럼 탄소가 1%이상이라는것을 의미하지 않는다.

베아링강의 자호는 앞에 《베》자를 쓰고 기본 합금원소기호와 그의 평균함유량의 10배 한 수자를 써서 표시한다.

실례로 베Cr15일 때 크롬이 1.5%인 베아링강을 의미한다.

고속도강의 자호는 《고속》자 뒤에 월프람의 평균함유량을 써서 표시한다.

실례로 고속18일 때 월프람함유량이 18%인 고속도강을 의미한다.

전기공업용강철의 자호는 《전기》자 뒤에 규소의 평균함유량

만 써서 표시한다.

이외에 합금강안에 미량합금원소(Ti, Zr, Nb, B)들이 함유되였을 때에는 수자를 써주지 않고 기호만 써서 표시한다.

실례로 40CrB일 때 탄소가 0.4%, 크롬이 1%, 붕소가 0.002~0.003%라는것을 의미한다.

(3) 주철의 분류와 자호표시

① 주철의 분류

주철은 깨진 면의 색갈, 흑연의 형태, 기계적성질, 화학조성 등에 따라 나눈다.

깨진 면의 색갈에 따라 회색주철과 백색주철, 반백색주철로 나눈다.

회색주철은 깨진 면에 흑연이 많이 나와있어 회색을 띤 주철이고 백색주철은 깨진 면에 은백색을 띤 조직알갱이들이 많이 있으므로 희게 보이는 주철을 말한다.

반백색주철은 깨진 면에 회색의 흑연과 은백색의 조직이 섞이여 회색과 백색사이의 색갈을 띤 주철을 말한다.

흑연의 모양이 판 또는 나무잎모양이면 편상흑연주철이라고 하며 흑연의 모양이 둥글게 된 주철을 구상흑연주철, 백색주철을 가열하여 흑연을 목화모양으로 만든 주철을 목화상흑연주철(가단주철)이라고 한다.

주철은 기계적성질에 따라 보통주철, 고급주철, 고강도주철로 나눈다.

보통주철은 당김세기가 240MPa이하인 편상흑연회색주철이고 고급주철은 당김세기가 240MPa이상인 편상흑연회색주철이며 고강도주철은 당김세기가 400MPa이상인 구상흑연주철이다.

주철은 화학조성에 따라 일반주철과 합금주철로 나눈다.

일반주철은 합금원소를 더 넣어주지 않은 주철이며 합금주철은 합금원소의 량에 따라서 저합금주철(2.5%이하), 중합금주철(2.5~10%), 고합금주철(10%이상)로 나눈다.

② 주철의 자호표시

보통회색주철의 자호는 먼저 《회주》를 쓰고 당김세기의 0.1배값과 《-》를 써준 다음 구부림세기의 0.1배값을 써준다.

실례로 회주12-28은 당김세기가 120MPa이고 구부림세기가 280MPa인 회색주철을 의미한다.

회색주철에는 회주00과 당김세기를 나타내는 수자 12로부터 시작하여 3만큼씩 증가하여 38까지, 구부림세기를 나타내는 수자 28로부터 시작하여 4만큼씩 커져 60까지 나타내는 회주12-28, 회주15-32, …, 회주38-60이 있다.

보통회색주철은 충격짐을 받지 않는 부분품들인 틀, 덮개를 만드는데 많이 쓰인다.

고강도주철의 자호는 당김세기와 연신률에 의해 표시되는데 앞에 《고주》를 쓰고 그다음 당김세기의 0.1배값, 《-》, 연신률을 써준다.

실례로 고주40-10은 당김세기가 400MPa이고 연신률이 10%인 고강도주철을 의미한다.

고강도주철에는 고주40-10, 고주45-5, 고주50-2, 고주60-2, 고주70-2, 고주80-2이 있다.

고강도주철로는 실린더, 피스톤가락지, 베트, 크랑크축, 치차, 압연롤 등을 만든다.

가단주철의 자호도 고강도주철의 자호처럼 당김세기와 연신률에 의하여 표시되는데 앞에 《단주》를 붙여주는것이 다르다.

가단주철에는 흑심가단주철과 백심가단주철이 있다.

흑심가단주철에는 단주28-5, 단주30-6, 단주33-8, 단주35-10, 단주37-12이 있으며 백심가단주철에는 단주45-6, 단주50-4, 단주56-4, 단주60-3, 단주63-2가 있다.

가단주철은 륜전기계와 방직기계에서 마찰을 받는 부분품인 지레대, 이음대, 사슬바퀴를 만드는데 쓴다.

저합금주철은 피스톤고리, 베트, 프레스형타를 만드는데 쓰며 중합금주철은 자동차의 기통, 토시, 뽐프부분품, 열풍장치의 부분품을 만드는데 쓴다.

고합금주철은 산, 알카리, 바다물에 잘 견디는 제품을 만드는데 쓴다.

2) 유색금속의 분류

유색금속에는 흑색금속을 제외한 모든 금속들이 속하는데 여기에는 80여가지의 많은 금속들이 있다.

유색금속은 공업적으로 경금속, 중금속, 귀금속, 희유금속으로 나눈다.

(1) 경금속과 그 합금

경금속은 밀도가 5 000kg/m^3이하로서 상대적으로 가벼운 금속들이다.

여기에는 알루미니움(Al), 마그네시움(Mg), 칼시움(Ca), 나트리움(Na), 칼리움(K), 티탄(Ti), 베릴리움(Be) 등이 속한다.

① 알루미니움과 그 합금

알루미니움과 그 합금은 가벼우면서도 기계적성질과 공학적성질이 좋으므로 리용분야가 넓다.

알루미니움은 밀도가 20℃인 때 2 727㎏/m^3이며 녹음점이 660℃이고 끓음점은 2 450℃이다.

알루미니움의 전기전도도는 동의 65%정도이고 열전도도는 동의 62%정도이다.

알루미니움은 활성이 큰 금속으로서 공기속에서 인차 산화되여 겉면에 아주 얇고 든든하며 치밀한 Al_2O_3막(부동태화막)을 형성하므로 공기와 짙은 질산, 식료품속에서도 잘 삭지 않는다.

이런 성질로부터 공업용순도(알루미니움이 99.5~99.85%)의 알루미니움은 전기줄, 열교환기, 랭각장치, 화학 및 식료공업(그릇, 부엌세간 등을 만드는데)에 쓰인다.

알루미니움합금은 주조용과 압착가공용으로 나눈다.

주조용알루미니움합금에는 규소(Si), 동(Cu), 마그네시움(Mg), 아연(Zn) 등을 넣는데 이 합금원소들은 세기와 주조성을 개선한다.

Al-Si계(씰루민)주조용합금은 쇠물의 액류동성이 크며 수축량이 작다.

또한 부식에 견디는 성질이 비교적 높고 세기가 크다.

Al-Si계합금에 규소를 보통 5~13% 넣는다.

이 합금의 종류에는 대표적으로 Al주2, Al주4, Al주5, Al주9 등이 있다.

여기서 Al주는 주조용알루미니움합금이라는것을 의미하며 수자는 합금번호이다. 이 합금으로는 내연기관의 기통, 토시를 만든다.

Al-Cu계합금은 밀도가 크고 내부식성이 비교적 작으며 주조적성질이 좋지 못하다.

주조용 Al-Cu계합금으로서는 동이 8~11%인 합금이 많이 쓰인다.

이 합금으로는 내연기관의 피스톤을 만든다.

Al-Mg계합금은 주조용알루미니움합금가운데서 가장 세고 부식에 견디는 성질이 좋으며 밀도가 작다. 그러나 쇠물의 액류동성이 나쁘고 수축량이 크며 쉽게 산화될수 있다.

대표적인 Al-Mg계주조용합금으로는 Al주8이다.

이 합금은 큰 정력학적짐과 충격짐을 받으며 부식조건이 심한 모양이 단순한 중요한 부분품 등을 만드는데 쓴다.

압착가공용알루미니움합금에는 Al-Cu-Mg계합금(듀랄루민)과 Al-Zn-Mg-Cu계합금(고강도알루미니움합금), Al-Cu-Mg-Ni-Fe-Si계합금(내열성알루미니움합금), Al-Mn계 및 Al-Mg계합금(내부식성알루미니움합금) 등이 있다.

듀랄루민의 자호는 《듀》, 고강도알루미니움합금은 《Al강》, 단조용알루미니움합금은 《Al단》으로 표시하고 그다음에 조건적번호로 수를 붙여준다.

실례로 듀1, 듀16, Al강93, Al강94, Al단4, Al단5 등으로 써준다.

듀랄루민과 고강도알루미니움합금은 비행기, 차량 등을 만드는데 쓰고 내열성알루미니움합금은 내연기관의 피스톤을 비롯한 고온에서 작업하는 부분품에 쓰며 내부식성알루미니움합금은 대기와 바다물에서 작업하는 부분품들과 구조물들을 만드는데 쓰인다.

② 마그네시움과 그 합금

마그네시움은 공업용재료들가운데서 가장 가벼운 경금속재료로서 밀도는 20℃인 때 1 740㎏/m^3이고 녹음점은 650℃이며 끓음점은 1 095℃이다.

마그네시움의 세기와 가소성은 나쁘나 충격짐에서는 잘 견딘다.

마그네시움의 대부분은 야금공업과 화학공업에서 탈산제, 환원제, 개량제, 탈류제 및 합금원소로 쓰인다.

마그네시움에는 Al, Zn, Mn, Zr, Nb, Ce, La, Th을 넣어 합금한다.

마그네시움합금은 광학기구, 자동차, 방직기계, 인쇄기계, 가정용품, 비행기기관과 바퀴 등을 만드는데 쓰인다.

③ 티탄과 그 합금

티탄은 은백색의 빛을 가지며 밀도가 4 500㎏/m^3이고 녹음점이 1 725℃인 금속이다.

티탄은 온도가 낮아질 때 충격값이 높아지는것이 다른 금속과 차이

나는 점이다.

티탄은 750~1 000℃에서 열간압착가공되며 간단한 부분품들은 랭간에서도 압착가공할수 있고 복잡한것은 300~400℃까지 가열한 상태에서도 가공할수 있다.

티탄은 공기속에서 쉽게 산화되여 TiO_2의 얇은 막을 만드므로 내부식성이 크다. 티탄은 석유정제, 비료, 합성수지, 제약, 식료 등의 여러 공업부문에서 반응탑과 열교환기, 발브, 용수철 등을 만드는데 쓴다.

티탄에 알루미니움(Al), 석(Sn), 바나디움(V), 몰리브덴(Mo), 크롬(Cr), 지르코니움(Zr) 등 여러가지 합금원소를 넣으면 세기와 내부식성을 높인다.

티탄합금은 초음속비행기, 로케트, 화학기구, 전기기구 등을 만드는데 쓰인다.

④ 베릴리움과 그 합금

베릴리움은 밀도가 1 848㎏/m^3로서 작으며 녹음점은 1 287℃로서 높다.

베릴리움의 휨성결수는 마그네시움의 7배이상이며 단위질량당 세기는 알루미니움의 4배이상, 티탄의 2.5배, 철의 1.5배이다.

베릴리움과 그 합금은 우와 같은 특성으로 하여 로케트, 우주 및 항공, 원자력기술분야와 알루미니움, 마그네시움, 아연, 동, 철합금의 개량제로 쓰인다.

(2) 중금속과 그 합금

중금속은 밀도가 5 000~14 000kg/m^3로서 상대적으로 무겁고 생산량이 많은 금속들이다.

여기에는 동(Cu), 니켈(Ni), 연(Pb), 아연(Zn), 석(Sn), 카드미움(Cd), 코발트(Co), 비스무트(Bi), 안티몬(Sb), 수은(Hg) 등이 속한다.

① 동과 그 합금

동은 열 및 전기전도도가 매우 높은데 밀도는 8 960㎏/m^3이고 녹음점은 1 083℃, 열전도도(20℃)는 414W/(m・℃), 비전기저항은 $1.72\times10^{-8}\Omega\cdot m$이다.

압착가공하여 굳어진 동을 물러지게 하려면 400~600℃에서 30min동안 가열하면 된다.

동은 주요하게 송전선, 통신선, 여러가지 전기기계 등에서 전기전도재료로 쓰이는데 그의 대부분은 전기줄형태로 쓰인다.

동합금에는 황동과 청동이 있다.

황동에서 아연만이 들어있는것을 단순황동이라고 하며 아연과 함께 다른 합금원소가 더 들어있는것을 특수황동이라고 한다.

황동의 자호는 두가지로 나타낼수 있다.

우선 단순황동인 경우 앞에 《황》이라고 붙이고 그뒤에 수자로 동의 %를 쓰는 방법과 《CuZn》이라고 쓰고 그뒤에 아연의 %를 수자로 표시하는 방법이 있다.

실례로 황80일 때 동의 함유량이 80%이고 아연이 20%인 황동이라는것을 의미한다. 우의 자호를 CuZn20으로 표시해도 되는데 수자 20은 아연의 함유량을 의미한다.

다음으로 특수황동인 경우에도 단순황동처럼 《황》이라는 글자를 쓰고 그뒤에 아연을 내놓고 다른 합금원소들의 기호를 붙여쓴다.

그다음에 동의 평균함유량과 합금원소의 평균함유량을 표시하는 수자를 차례로 쓰며 수들사이에 《-》기호를 붙인다.

단순황동은 가소성과 주조성이 좋기때문에 압착가공이나 주조하여 여러가지 기계부분품들을 만드는데 쓴다.

특수황동은 기계적성질이 보다 높고 내마모성과 내부식성이 높기때문에 고압부분품과 치차, 토시, 선박의 추진기 등에 쓰인다.

동에 기본합금원소로 아연이 함유되지 않은것을 청동이라고 한다.

청동에는 석청동과 특수청동이 있다.

석청동이란 동의 기본합금원소로서 석이 함유된 동합금을 말한다.

특수청동이란 기본합금원소로 석이 아니라 기타 다른 합금원소들이 함유된 동합금을 말한다.

청동의 기호는 앞에 《청》이라는 글자를 쓰고 합금원소의 기호를 쓰며 그다음에 매 합금원소의 함유량을 수자로 쓰는데 수자사이에 《-》를 붙인다.

실례로 청SnZnPb 4-4-2.5라는것은 석이 4%이고 아연이 4%, 연이 2.5%이며 나머지가 동인 청동이라는것을 의미한다.

석청동은 차량과 압연기의 축받이, 치차, 스위치, 피스톤가락지에 쓰인다.

특수청동은 기본합금원소에 따라 규소청동과 니켈청동, 알루미니움

청동, 베릴리움청동, 망간청동으로 나눈다.

특수청동은 화학공업과 기계공업부문에서 여러가지 마찰과 부식을 받는 용수, 치차, 정밀기계와 기구제작에 쓰인다.

② 아연과 그 합금

아연은 밀도가 7 130㎏/m^3이고 녹음점이 419.5℃이며 열 및 전기 전도도는 동의 28%로서 동보다 높지 못하지만 철보다는 높다.

아연은 공기, 물김, 물 등에서 안정하지만 산과 알카리 등에 쉽게 부식된다.

아연은 건전지, 아연화가루생산, 아연도판, 합금재료로 쓰인다.

아연합금에는 Zn-Al, Zn-Cu, Zn-Si, Zn-Cu-Mg계 등이 있다.

이 합금들은 통신설비, 가스설비, 축받이로 쓰인다.

③ 연과 그 합금

연은 밀도가 11 340㎏/m^3이고 녹음점은 327.4℃이며 가소성이 좋고 세기가 낮다.

연은 산에 잘 견디므로 화학장치, 산저장그릇, 까벨선씌움감, 렌트겐선이나 γ선을 흡수하는데 씌움감으로 쓰인다.

연합금으로서 Pb-Sn-Sb합금은 활자를 만드는데 쓰인다.

축전지극판으로는 Pb-Sb계합금들이 쓰인다.

④ 석과 그 합금

석은 밀도가 7 298.4㎏/m^3이고 녹음점은 231.9℃이며 세기와 굳기가 낮고 가소성과 충격값이 좋은 금속이다.

석은 공기, 물 등에서 안정하지만 산, 알카리 등에서는 부식된다.

석은 유기산에 안정하며 인체에 해롭지 않기때문에 석도금판형태로 식료공업용재료, 건설용자재 등 여러가지 합금을 만드는데 쓰인다.

Sn-Pb계와 Sn-Zn계합금은 전기설비와 땜납으로 쓰며 Sn-Pb-Cd-Bi계합금은 유리기구접착제로 쓰인다.

⑤ 니켈과 그 합금

니켈은 밀도가 8 902㎏/m^3이고 녹음점이 1 455℃인 가소성이 좋은 금속이다. 니켈은 화학적활성이 약한 금속이므로 알카리에 안정하며 류산과 염산에서 천천히 부식된다.

니켈은 정밀전기기구와 화학장치 및 합금원소로 쓰인다.

석이나 망간이 함유된 니켈합금은 전자관과 전기계기 및 내연기관의

점화용재료로 쓰인다.

Cu, Fe, Mn, Al, Si 등이 함유된 니켈합금은 민물이나 바다물에서 안정하므로 배의 추진기축, 뽐프의 날개와 축을 만드는데 쓰인다.

Ni-Cr계와 Ni-Cr-Fe계합금은 발열체재료로 쓰인다.

(3) 귀금속과 그 합금

귀금속은 화학적활성이 매우 약해서 자연계에 오래동안 금속상태로 존재할수 있는 금속들이다.

귀금속에는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 루테니움(Ru), 로디움(Rh), 팔라디움(Pd), 오스미움(Os), 이리디움(Ir) 등이 속한다.

귀금속은 흔히 이온화경향성이 작고 밀도가 크며 녹음점, 전기 및 열전도도가 높을뿐아니라 내열성과 내부식성, 가공성, 색갈이 좋기때문에 인민경제 여러 부문과 인민생활에 널리 쓰인다.

① 금(Au)

금은 밀도가 19 300㎏/m^3이고 녹음점은 1 064.6℃이다.

금은 순수한 형태로 많이 쓰이지만 공업적으로 비교적 적게 쓰인다.

주로 의료기구, 차단접점을 만들거나 도금하는데 쓰인다.

금합금은 전기접점, 유리섬유방사기 등을 만드는데 쓰인다.

② 은(Ag)

은은 밀도가 10 500㎏/m^3이고 녹음점은 960.8℃이다.

은은 순수한 형태로 주방용기, 전기접점재료로 그리고 할로겐화은은 인화지, 필림 등을 만드는데 쓰며 은합금은 보석 및 미술제품, 축전지를 만드는데 쓴다.

③ 백금(Pt)

백금은 밀도가 21 450㎏/m^3이고 녹음점은 1 772℃이다.

백금은 백금용기와 채, 화학공업에서 촉매제로 쓰인다.

백금합금은 전기접점, 전기저항로전극, 열전대, 의료기구를 만드는데와 촉매로 쓴다.

④ 로디움(Rh), 오스미움(Os), 루테니움(Ru), 팔라디움(Pd), 이리디움(Ir)

로디움과 오스미움은 순수한 형태로 쓰이지 않고 합금형태로 쓰이는데 주로 전기접점, 만년필촉끌 등을 만드는데 쓴다.

루테니움은 탐조등반사경, 전자기구접점, 도금첨가제로 쓰이며 팔라디움은 전기접점, 도금재료로, 팔라디움합금은 화학장치와 의료기구, 세공품 등을 만드는데 쓴다.

이리디움은 도가니를 만드는데 쓰이며 그 합금은 열전대, 화학용기, 전기접점 등을 만드는데 쓴다.

(4) 희유금속과 그 합금

희유금속은 지각중에 함유량도 많지 못하고 뒤늦게 발견되여 리용된 금속들이다. 여기에는 월프람(W), 몰리브덴(Mo), 게르마니움(Ge), 갈리움(Ga), 우라니움(U), 토리움(Th), 란탄(La) 등 50가지이상의 금속이 속한다.

바나디움(V), 니오비움(Nb), 탄탈(Ta), 몰리브덴(Mo), 월프람(W), 크롬(Cr)은 녹음점이 철보다 현저히 높은데 이런 금속을 난용성 희유금속이라고 한다.

① 바나디움(V)

바나디움은 밀도가 6 110kg/m^3이고 녹음점은 1 920℃이다.

바나디움은 강철의 기계적성질을 높이는 합금원소로 쓰일뿐아니라 원자력공업의 구조용재료로 쓰인다.

② 니오비움(Nb)

니오비움은 밀도가 8 500kg/m^3이고 녹음점은 2 497℃이다.

니오비움은 강철의 기계적성질을 높이는 합금원소로 쓰일뿐아니라 원자력공업의 구조용재료로 쓰인다.

③ 탄탈(Ta)

탄탈은 밀도가 16 600kg/m^3이고 녹음점이 2 997℃이다.

탄탈은 기계적성질을 높이는 합금원소와 가열체, 높은 진공을 얻는 가스흡수제, 염산저장용기와 관으로 쓰인다.

④ 몰리브덴(Mo)

몰리브덴은 밀도가 10 200kg/m^3이고 녹음점이 2 620℃이다.

몰리브덴은 강철생산의 합금원소, 가열체재료로 쓰이며 몰리브덴합금은 전기접점재료로 쓰인다.

⑤ 월프람(W)

월프람은 밀도가 19 300kg/m^3이고 녹음점은 3 410℃이다.

월프람은 강철의 기계적성질을 높이는 합금원소, 가열선조, 가열체 등으로 쓰인다.

⑥ 크롬(Cr)

크롬은 밀도가 7 200㎏/m^3이고 녹음점이 1 890℃이다.

크롬은 강철의 기계적성질과 열 및 부식에 견디는 성질을 높여주는 합금원소로 널리 쓰인다.

련습문제

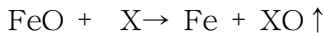
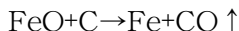
1. 탄소함유량과 용도에 따라 탄소강을 나누어라.
2. 보통질구조용탄소강의 자호표시법을 설명하여라.
3. 구조용합금강과 공구용합금강의 자호표시는 어떻게 차이나는가.
4. 흑연의 모양에 따라 주철을 구분하여라.
5. 강3, 45, C10ㄹ, 보15의 자호를 설명하여라.
6. 20Cr2Ni4ㄹ, 20Cr, 35CrMn2, 베Cr15의 자호를 설명하여라.
7. CrV, 9CrSi, CrW5, Cr17, Cr28, Cr18Ni9Ti의 자호를 설명하여라.
8. 회주21-40, 고주70-2, 단주56-4의 자호를 설명하여라.
9. 황85, 황Al77-2, 청SnP4-0.2, 청SnZnPb4의 자호를 설명하여라.

제2절. 흑색금속야금

1. 주체철 및 선철생산

제철이라고 할 때 그것은 자연계에 존재하는 철광석을 환원시켜 선철을 생산하는 기술공정이다.

$$\underset{\text{철산화물}}{FeO} + \underset{\text{환원제}}{X} \rightarrow \underset{\text{금속}}{Fe} + \underset{\text{기체}}{XO}\uparrow$$

실례로 $FeO+C \rightarrow Fe+CO\uparrow$

1) 주체철생산

일반적으로 선철을 생산할 때 환원제로는 력청탄을 고온건류하여 만든 콕스를 쓴다.

우리 나라에는 콕스를 만드는 력청탄자원이 없으므로 콕스를 전혀 쓰

지 않고 철을 생산하기 위한 비콕스제철법이 오래전부터 연구되여왔다.

비콕스제철법에서는 환원제로 무연탄과 갈탄을 쓴다.

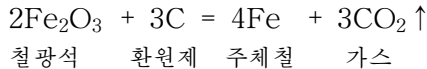
주체철은 콕스를 전혀 쓰지 않고 우리 나라의 원료와 연료에 의거하여 생산한 철이다. 다시말하여 주체철생산방법은 우리 나라에 무진장하게 매장되여있는 철광석과 무연탄 및 갈탄으로 제강원료를 생산하는 우리 식의 새로운 제철방법이다.

주체철생산방법이 확립됨으로써 우리 나라의 금속공업을 한계단 높은 수준에 올려세우고 강철생산을 늘일수 있는 확고한 전망이 열리게 되였다.

(1) 주체철생산의 원리

쇠돌로부터 주체철을 생산하는 과정은 쇠돌안에 화합물형태로 포함되여있는 산소를 환원제로 떼여내는 과정이다.

$$2Fe_2O_3 + 3C = 4Fe + 3CO_2\uparrow$$

철광석 환원제 주체철 가스

이 방정식에서 보는바와 같이 철과 산소의 친화력보다 환원제와 산소와의 친화력이 더 강해야 한다는것을 알수 있다.

일반적으로 단순물들이 호상 반응하여 화합물을 형성할 때에는 열을 내보내며 반대로 화합물이 보다 단순한 물질들로 분해될 때에는 반드시 열을 흡수한다.

즉 철광석이 주체철로 되려면 일정한 열에네르기를 흡수하여야 한다.

주체철생산에서 총 열량의 50~60%는 환원행정에 소비된다.

철광석환원에는 고체탄소와 CO가 기본으로 참가하며 물김이 분해되여 생긴 H_2도 환원제로 된다.

고체탄소에 의한 환원반응을 직접환원반응이라고 하며 기체환원제(CO, H_2)에 의한 환원반응을 간접환원반응이라고 한다.

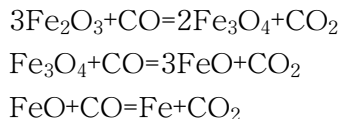
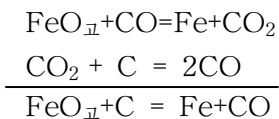
간접환원반응에 의하여 철이 형성되는 과정은 다음과 같다.

$$3Fe_2O_3+CO=2Fe_3O_4+CO_2$$

$$Fe_3O_4+CO=3FeO+CO_2$$

$$FeO+CO=Fe+CO_2$$

직접환원은 CO의 참가밑에 다음과 같이 진행된다.

$$\begin{array}{l} FeO_{고}+CO=Fe+CO_2 \\ \underline{CO_2 + C = 2CO} \\ FeO_{고}+C = Fe+CO \end{array}$$

주체철생산과정에서 무연탄과 갈탄이 환원제로 되므로 주체철에 탄소가 풀려들어가게 되는데 회전로에서는 1.5~2.0%, 갈탄용광로에서는 최대 4.3%정도까지 포함된다.

탄소함량이 4.3%인 철의 녹음점은 1 130~1 135℃이다.

철광석이 환원제에 의해 환원될 때 장입물중에 들어있는 다른 산화물들도 환원되므로 주체철에는 탄소 이외에도 규소, 망간, 린, 류황 등 기타 원소들도 포함되게 된다.

여기서 린과 류황은 해로운 원소들이며 일정한 함량의 탄소, 규소, 망간 등은 긍정적인 작용을 한다.

회전로에서 생산한 주체철의 화학조성은 다음의 표 1-1과 같다.

주체철의 화학조성/% 표 1-1

C	Si	Mn	P	S
1.2~2.0	0.1~0.2	0.1~1.2	0.05~0.06	0.06~0.08

주체철의 화학조성은 쇠돌과 연료의 종류, 주체철생산로의 특성과 조업방식에 따라 일정한 차이를 가지게 된다.

(2) 주원료와 부원료 및 연료

① 주원료

주체철생산에서 주원료는 쇠돌이다.

철을 포함하고있는 광물은 자연계에 300여종이 있으나 그것이 다 쇠돌로 되는것은 아니다.

쇠돌이라고 할 때 주어진 기술수준에서 경제적인 타산에 맞게 철을 뽑아낼수 있는 광물을 말한다.

쇠돌의 쓸모는 환원성과 철의 품위, 버럭의 조성, 유해원소의 포함정도, 쇠돌의 물리적성질 등에 의하여 규정한다.

철은 쇠돌안에서 철산화물 및 탄산철형태로 존재한다. 산화물상태로 있는 쇠돌은 자철광, 갈철광, 적철광 등이며 탄산염형태의 쇠돌은

릉철광이다.

자철광(Fe_3O_4)

자성을 띠며 밀도가 4.9~5.2, 굳기는 5.5~6이고 재색 또는 검은색을 띤다.

매우 치밀하고 가스구멍률이 작아 환원성이 좋지 않다.

자철광은 우리 나라 쇠돌자원의 기본을 이룬다.

자철광석의 철품위는 18~40%범위에 있으므로 원광을 분쇄하고 자력선별하여 철품위가 65~71%인 자철정광으로 만들어 리용한다.

자철정광은 예비처리하여 덩어리로 만들어 리용한다.

갈철광$(mFe_2O_3 \cdot nH_2O)$

갈철광은 결정수분이 10~25%인 쇠돌이다.

누런색 또는 검은색에 이르기까지 여러가지 색을 띠며 가스구멍률이 높아 환원성이 매우 좋다.

우리 나라 서해안일대에 매장되여있다.

갈철광의 철품위는 48~55%이고 환원성이 좋으므로 직접 리용한다.

적철광(Fe_2O_3)

적철광은 강한 자성을 띤 $\gamma-Fe_2O_3$과 자성이 없는 $\alpha-Fe_2O_3$형태로 자연계에 있으며 철을 70%까지 함유하고있는 쇠돌이다.

색갈은 붉은색으로부터 검은색에 이르기까지 다양한 색갈을 띠며 환원성은 보통이다.

우리 나라에 적게 매장되여있다.

릉철광($FeCO_3$)

릉철광은 탄산철로 이루어진 쇠돌인데 그중 Fe가 48.3%, CO_2이 37.9%이다.

색은 누런 밤색 또는 재색을 띠며 환원성이 좋다.

릉철광은 풍화되면 갈철광으로 변하므로 갈철광이 있는 밑에는 릉철광이 있다. 우리 나라 서해안지대에 많이 매장되여있다.

이외에 용광로먼지와 압연쇠껍질, 쇠밥, 선철찌끼 등도 주원료로 리용한다.

② 부원료(용제)

주체철로와 용광로에서 부원료는 석회석($CaCO_3$)을 쓴다.

철을 생산할 때 장입물에 들어가는 철광석중의 버럭과 환원제의 재성분 그리고 로벽의 내화물 등에 의하여 슬라크가 생기게 된다.

이 슬라크는 녹음점이 높고 류동성이 나쁘며 철을 비롯한 리로운 원소들도 적지 않게 포함하고있다.

때문에 녹음점을 낮추고 류동성을 좋게 하여 제철로조업을 순조롭게 보장함으로써 철과 리로운 원소들의 거둠률을 높이고 슬라크의 량을 줄여 생산성을 높이는 문제가 중요하게 제기된다.

이러한 목적으로 장입물에 부원료 즉 용제로 석회석을 넣는다.

③ 연료

주체철생산에서 무연탄과 갈탄은 연료와 환원제의 역할을 다같이 수행한다. 주체철회전로의 앞에서 불어넣는 공기중의 산소와 갈탄과 무연탄으로 만든 미분탄이 반응할 때 많은 열량이 발생하여 주체철생산에 필요한 에네르기를 보장한다.

한편 회전로의 뒤에서 장입하는 무연탄은 주로 환원제의 역할을 수행한다.

(3) 회전로에서 주체철생산

회전로는 콕스를 쓰지 않고 우리 나라 연료로 철을 생산하는 직접제철로로서 금속공업의 자립성과 주체성을 강화하는데서 매우 중요한 위치를 차지한다.

회전로는 긴 강철제원통안에 내화벽돌을 쌓고 회전시키면서 광석을 환원하는 로이다.(그림 1-1)

회전로는 몇개의 굴개바퀴를 통하여 굴개우에서 돌아갈수 있게 되여있으며 장입물이 출구쪽으로 저절로 빠지도록 2~3° 경사지게 설치되여있다.

작업할 때 로체는 일정한 회전속도로 돌아간다.

함철원료와 환원탄은 로뒤부분에 있는 원료장입단으로 련속 장입되며 제품속의 류황함유량을 낮추기 위하여 탈류제로 석회석도 함께 넣는다.

로체가 돌아갈 때 고체원료는 부단히 뒤집히고 굴면서 로머리부배출단으로 이동한다.

배출단에는 연료연소용공기노즐과 환원탄분사투입장치를 설치하여 공정에 필요한 열량을 공급한다.

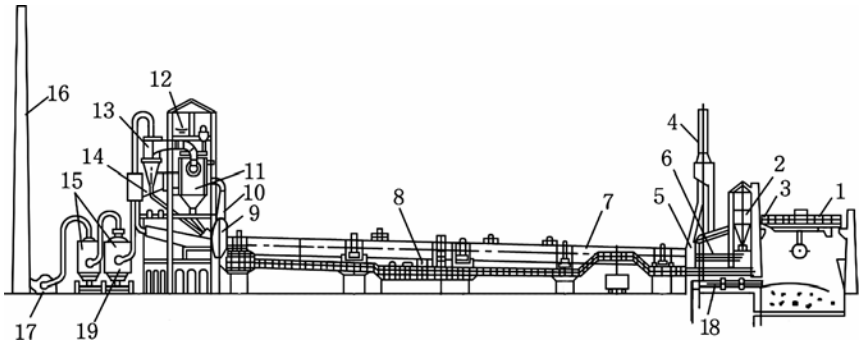



그림 1-1. 회전로의 구조

1-기중기, 2-미분탄저장통, 3-라선공급기, 4-먼지잡이굴뚝, 5-머리부씌우개, 6-1,2차송풍관, 7-로체, 8-전동장치, 9-꼬리부씌우개, 10-장입관, 11-예열로, 12-구단광콘베아, 13-건식먼지잡이장치, 14-예열구단광공급장치, 15-1,2차습식 먼지잡이장치, 16-굴뚝, 17-배풍기, 18-용성물랭각기, 19-무연탄콘베아

로체길이방향을 따라 여러개의 로체송풍관이 설치되여있다.

이 로체송풍관으로 탄에서 나오는 휘발분과 환원반응생성물인 CO 가스를 연소시켜 공정에 필요한 대부분의 열량을 보충하며 로안의 온도를 조절한다.

장입물은 이동과정에 반대방향으로 흐르는 고온기류에 의하여 건조, 예열, 탄산염분해, 철산화물환원 및 가탄반응단계를 거쳐 연화온도이하에서 해면철로 되고 슬라크분리과정을 거쳐 주체철로 된다.

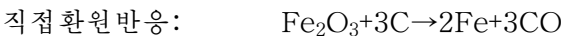
회전로는 편리상 3개의 구역으로 구분하는데 출구로부터 로전체길이의 20%정도 되는 부분을 제철대, 장입구로부터 20%정도 되는 부분을 예열대, 가운데부분을 환원대라고 한다.

예열대에서는 장입물을 500℃정도까지 가열하며 철산화물의 환원은 매우 약하게 진행된다.

환원대는 철광석의 환원이 활발히 진행되는 구역이다.

여기서는 간접 또는 직접환원반응들이 진행된다.

간접환원반응: $Fe_2O_3+3CO \rightarrow 2Fe+3CO_2$

직접환원반응: $Fe_2O_3+3C \rightarrow 2Fe+3CO$

환원대의 온도는 1 000~1 100℃이다.

제철대에서는 미처 진행되지 못한 환원반응이 계속 진행되며 탄소가 풀리여 가탄되는 현상과 반응물질들이 반류동상태로 넘어가면서 철과 슬라크가 분리되는 과정이 있게 된다.

제철대의 온도는 1 250~1 350℃이다.

장입구에는 페기를 빨아내여 페기속의 먼지를 잡기 위한 가스청정장치와 배풍기, 굴뚝이 련결되여있으며 배출구에는 로에서 생산한 철과 슬라크를 랭각시키기 위한 랭각기가 련결되여있다.

배출구에서 빠져나온 반용융상태의 주체철에는 슬라크가 적지 않게 들어있으므로 이것을 갈라내는 문제가 제기된다.

이 작업은 선별공정을 통하여 진행한다.

배출구에서 련속 떨어지는 반용융물질은 랭각수로 급격히 식힌다.

다음 파쇄기에 의하여 일정한 크기로 깬 다음 자력선별기를 통하여 주체철과 슬라크를 갈라낸다.

주체철에는 금속철외에 약 8%정도의 슬라크가 포함되게 된다.

주체철에 들어있는 슬라크함량을 낮추는 문제는 전기로에서 전기를 절약하기 위한 가장 중요한 문제이므로 선별작업을 보다 현대화하여 금속철의 비률을 높여야 한다.

주체철을 원료로 하여 생산한 강철은 파철을 가지고 생산한 강철보다 질이 대단히 좋다.

강질을 떨구는 유해로운 원소들인 동(Cu), 비소(As), 안티몬(Sb) 등은 용해과정에 빠지는것이 아니라 순환과정에 계속 축적되기때문에 파철순환에 의한 강철생산시에 강질이 계속 낮아지는 현상을 피할수 없다.

그러나 주체철속에는 이런 유해원소들이 거의나 없다.

회전로에 의한 주체철생산방법에는 자철정광과 점결제를 혼합, 성구하여 만든 구단광(산화배소구단광, 생구단광)을 환원하는 방법과 갈철괴광을 직접 장입하여 환원하는 방법이 있다.

(4) 갈탄용광로에서 주체철생산

갈탄용광로제철법은 콕스를 쓰지 않고 선철을 생산할뿐아니라 질좋은 가스를 생산하여 리용할수 있는 우점을 가지고있다.

갈탄용광로법은 선철을 생산하는 용융환원법들가운데서 가장 많이 공업화된 방법이다.

갈탄용광로공정에서 주원료는 괴광, 구단광, 소결광 등 덩어리상태

의 합성원료이며 연료로는 갈탄을, 용제로는 주로 석회석을 쓴다.

원료와 연료는 예비처리공정을 거쳐 광석저장통, 석탄저장통, 보조원료저장통에 각각 저장된다.

갈탄용광로행정은 용융가스화로와 쇠돌의 예비환원로 및 가스처리계통으로 이루어져있다.(그림 1-2)

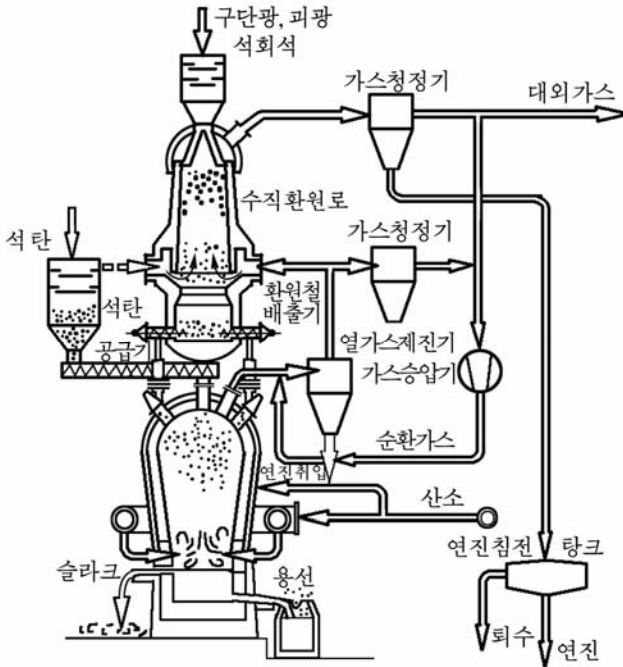



그림 1-2. 갈탄용광로

용융가스화로는 웃부분이 넓은 원형자름면으로 된 수직반사로이며 쇠돌의 예비환원로는 층상수직환원로이다.

예비환원된 쇠물은 환원철배출기에 의하여 용융가스화로에 장입되며 용융가스화로에는 석탄저장통으로부터 스크류공급기에 의하여 석탄이 장입된다.

장입된 석탄은 높은 온도의 환원성분위기속에서 건조 및 열파쇄되며 로밑통으로 불어넣는 산소에 의하여 석탄비등층을 형성하는 한편 환원성가스를 형성한다.

환원성가스는 수직로에 들어가 우로 이동하면서 광석을 환원시키고

수직로로정으로 빠져나와 정제된 후 과잉의 랭가스와 함께 외부로 빠져나간다.

광석과 일부 용제는 일정한 배합비로 수직환원로에 장입하며 아래로 운동하는 과정에 예열되고 환원된다.

수직환원로에서 나오는 쇠돌의 환원률은 대체로 85~95%이며 용융가스화로에 장입될 때 그의 온도는 700~800℃이다.

수직로밑까지 내려온 광석은 금속화률이 90%이상인 해면철로 되며 라선공급기에 의해 아래에 있는 석탄비등층에 들어간다.

갈탄용광로의 용융가스화로는 석탄비등층으로 이루어져있는데 여기서 해면철을 용융시켜 선철을 만든다.

석탄비등층에서 가스의 온도는 1 600~1 700℃이며 가스조성은 $CO+H_2$이 95%이다. 연소와 가스화과정에 형성된 가스는 로정에서 련속 배출되여 가스처리계통에 들어간다.

다음 예비환원로에 들어가서 쇠돌의 환원에 참가하고 일부는 되돌이된다. 로에 장입된 환원철은 석탄비등층을 통과하면서 최종환원이 진행되는 동시에 가탄상태에서 녹으면서 로밑통으로 내려와 고인다.

로밑통에 불어넣는 산소에 의하여 석탄의 일부는 연소되면서 행정에 필요한 열을 보장한다.

산소공급계통은 산소분리기와 관로, 환상관, 산소주둥이로 이루어졌다.

갈탄용광로에서 쇠물과 슬라크의 처리과정은 콕스용광로에서와 같다.

갈탄용광로행정의 특징은 가스리용률을 높이고 연료소비량을 줄이기 위하여 용융가스화로와 수직환원로안의 압력을 0.3MPa로 보장하면서 고압조업하는것이며 다른 하나의 특징은 슬라크와 쇠물을 분리하는 용융로가 질좋은 가스를 생산하는 가스화로의 사명도 동시에 수행한다는것이다.

선철 1t당 원단위지표를 보면 석탄의 조성에 따라 다르지만 대체로 다음과 같다.

석탄　700~1 000kg
산소　500~600m^3
전기　10.5kW・h
물　0.6m^3
열　10.5GJ

이 행정에서는 용융가스화로에서 나오는 환원성가스를 쇠돌의 예비환원로에 효과적으로 리용함으로써 연료와 산소소비량이 비교적 낮으며 발열량이 높은 가스가 생긴다.

갈탄용광로제철법은 콕스를 쓰지 않고 선철을 생산할수 있는 본질적인 우점과 함께 선철 1t당 에네르기소비가 작고 건설투자와 생산원가가 작으며 발열량이 높은 가스가 많이 생산되여 로의 생산성이 높은 우점들이 있다.

이 방법의 결함은 층상수직환원로에서 가루쇠돌을 그대로 쓸수 없으며 높은 압력조건에서 조업이 진행되기때문에 고압설비를 써야 한다는것이다.

(5) 산소열법용광로에서 주체철생산

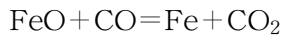
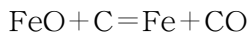
산소열법용광로에서의 야금행정의 본질은 취입되는 산소에 의하여 강하게 끓으면서 교반되는 슬라크욕조에서 산소에 의한 석탄의 연소열로 쇠돌을 녹이고 환원하여 직접 쇠물을 얻는것이다.

산소열법야금행정의 특성은 기본야금행정들이 끓으면서 교반되는 슬라크욕조에서 진행된다는것이다.

슬라크욕조에 쇠돌을 넣으면 쇠돌은 슬라크욕조에 불어넣는 산소에 의한 석탄의 높은 연소열과 강한 끓음 및 교반에 의하여 순식간에 용해된다.

또한 장입되는 석탄도 슬라크욕조에서 빠른 속도로 혼합되면서 녹은 쇠돌안의 철산화물을 환원하여 Fe를 만든다.

슬라크욕조에서 철산화물의 환원은 다음과 같이 진행된다.

$$FeO+C=Fe+CO$$
$$FeO+CO=Fe+CO_2$$

산소열법용광로에서 용융환원에 필요한 열은 슬라크욕조에 불어넣는 산소에 의한 석탄의 연소열과 슬라크욕조웃공간에서 석탄의 불완전연소결과에 생기는 CO가스의 연소열인데 열효률이 대단히 높은것이 특징이다.

산소열법용광로라고 하는것은 환원에 필요한 열에네르기를 산소의 연소열로 보장하기때문이다.

그것은 슬라크욕조에서 석탄이 연소될 때 발생되는 열이 슬라크에

거의 다 흡수되고 또한 슬라크욕조가 끓으면서 교반되므로 열흡수면적이 커서 CO가스의 2차연소열의 60~85%가 슬라크에 흡수되기때문이다.

용해실안에서 쇠물의 온도는 1 450~1 500℃, 슬라크욕조의 온도는 1 500~1 600℃, 로공간의 온도는 1 700~1 800℃정도로 매우 높다.

이와 같은 높은 온도조건에서 야금행정이 진행되는 결과 슬라크욕조안에서 액체철방울이 형성되고 로밑통쇠물욕조에 흘러내려 고이게 된다.

산소열법용광로에서는 환원제로 무연탄과 갈탄을 쓴다.

산소열법용광로의 일반적구조를 그림 1-3에 주었다.

그림 1-3. 산소열법용광로의 구조략도
1-출재구, 2-슬라크배출실, 3-로가스통로, 4-장입구, 5-물랭각식함, 6-2차바람주둥이, 7-쇠물배출실, 8-출선구, 9-쇠물이행통로, 10-쇠물층, 11-진정슬라크층, 12-비등슬라크층, 13-슬라크이행통로

로의 끝부분으로 가루상태인 철정광과 무연탄, 석회석을 련속 넣으면서 산소농도가 높은 공기를 불어넣어 장입물의 끓음을 보장한다.

산소열법용광로에서의 특징은 직접환원이 생산공정의 기본을 이루는것이다.

산소열법용광로에서 생산한 주체철의 화학조성은 표 1-2와 같다.

주체철의 화학조성/% 표 1-2

C	Si	Mn	P	S
4.2~4.3	0.01~0.10	0.05~0.15	0.05~0.1	0.025~0.05

(6) 전기제철로에서 주체철생산

전기제철로에서의 주체철생산은 환원행정에 필요한 열에네르기를 전기로 보장하고 환원제는 무연탄과 갈탄을 리용한다.

전기제철법은 우리 나라에 흔한 쇠돌과 무연탄을 가지고 전기로 질좋은 선철을 생산하는 주체적인 제철방법의 하나이다.

전기제철에서는 직접환원이 기본생산공정을 이룬다.

주원료는 철품위가 높은 광석과 합철원료이다.

전기제철법에서는 전기에네르기로 장입물을 녹이기때문에 불순물이 많을수록 전력을 더 소비하게 되므로 품위높은 원료를 보장하는 문제가 중요하다.

품위를 높인 철광석가루는 환원성을 좋게 하기 위하여 덩어리로 빚어 써야 한다.

함철원료는 각종 예비처리방법을 쓰거나 일정한 정도의 환원률을 보장하여 의식적으로 철품위를 높인 원료를 말한다.

전기제철법에서 용제로는 석회석 또는 생석회를 쓴다.

석회석을 배소로에서 구워내면 생석회가 되므로 생석회를 쓰면 전기를 많이 절약하게 된다.

끓음을 통한 환원효과를 높이기 위하여 마그네사이트$(MgCO_3)$나 고회석$(MgCO_3 \cdot CaCO_3)$도 일부 쓴다.

전기제철로의 구조는 그림 1-4와 같다.

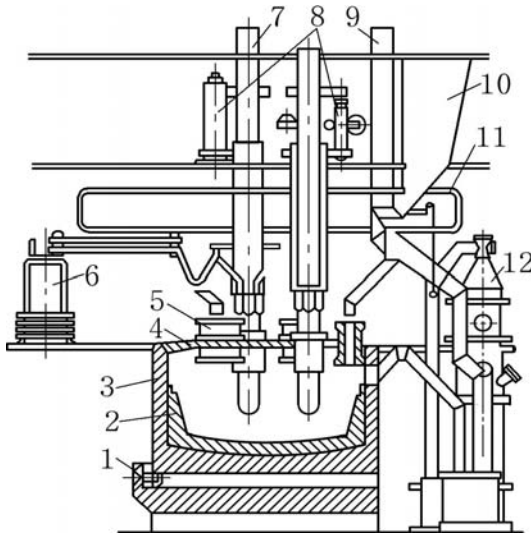



그림 1-4. 전기제철로

1-로밑통을 식히기 위한 선풍기, 2-로안붙임다짐층, 3-로벽, 4-로뚜껑, 5-장입수채, 6-변압기, 7-전극원통, 8-전극잡이설비, 9-연통, 10-장입깔때기, 11-가스모임관, 12-씻기탑

전기제철로는 용광로의 밑통만 남겨놓고 여기에 장입물을 가열하기 위한 전극 3개가 있고 바람을 불어넣기 위한 바람주둥이가 없는 구조이다.

로의 높이가 낮기때문에 장입물의 통기도가 낮아도 되므로 원료와 환원제의 알굵기가 작고 세기가 낮아도 큰 문제로 되지 않으며 장입물은 미리 섞은 다음 장입깔때기를 통하여 넣는다.

전기제철로에서는 로안의 온도가 높고 무연탄소비량이 적기때문에

린, 류황함유량이 적은 질이 좋은 주체철을 생산할수 있다.

또한 질소함유량이 적고 CO함유량이 많은 가스가 얻어진다.

전기제철로는 전력소비가 많고 생산성이 낮은것이 결함이다.

따라서 전력소비를 낮추기 위한 대책을 세워야 한다.

전기제철로에서 생산한 주체철의 화학조성은 표 1-3과 같다.

주체철의 화학조성/% 표 1-3

C	Si	Mn	P	S
3~3.2	1.0~1.4	0.11~0.25	0.05~0.08	0.025~0.036

전기제철법에서 중요한것은 주체철 1t당 전력소비량을 줄이는것이다.

쇠돌의 철품위를 1%만 높여도 주체철 1t을 생산하는 전력이 30~40kW·h 적게 들며 쇠돌을 장입하기 전에 100℃만 예열하여도 50kW·h나 절약된다.

때문에 전기제철로와 회전로를 결합시켜 전기제철로의 페가스를 장입물의 예열에 리용하는 등 전력소비를 극력 낮추기 위한 방법들을 연구하여 널리 적용하여야 한다.

(7) 키낮은 용광로에서 주체철생산

우리 나라 석탄으로 만든 주체적인 야금연료인 9월콕스를 가지고 선철생산을 늘이기 위하여서는 키낮은 용광로를 많이 건설하여야 한다.

9월콕스는 우리 나라의 무연탄에 약 10%정도의 피치(혹은 구드론)를 섞어 만든 알탄이다.

키낮은 용광로는 현대적용광로에 비하여 그의 높이가 3분의 2정도이다.

그러므로 키낮은 용광로에서는 9월콕스와 같은 국내탄연료로 주체철을 성과적으로 생산할수 있다.

키낮은 용광로의 중요한 특성의 하나는 대형용광로에 비하여 단위유효부피당 혹은 주체철 1t당 외부열손실이 현저히 큰것이다.

외부열손실이 많기때문에 로의 랭각을 비롯하여 조업에서의 여러가지 변화를 가져온다. 이로부터 키낮은 용광로와 중소형용광로에서 외부열손실을 줄이기 위한 대책을 세우는것은 중요한 문제의 하나로 된다.

또한 특성의 다른 하나는 장입물기둥의 통기도가 좋으며 유효부피 $1m^3$당 송풍량이 매우 큰것이다. 그의 중요원인은 장입물기둥의 높이가 낮은데 있다.

송풍량은 일반적으로 통기도에 비례한다. 보통 현대적대형용광로

유효부피 $1m^3$당 송풍량은 $2\sim2.5m^3/min$사이에 있으나 키낮은 용광로나 중소형용광로에서는 이 값이 $6\sim10m^3/min$사이에 있다.

유효부피 $1m^3$당 송풍량이 이와 같이 큰것은 용해세기가 대형에 비하여 크다는것을 말한다.

이로부터 설계에서는 송풍능력을 보통 용광로에 비하여 수배이상으로 조성해주어야 하며 조업에서 가능한껏 최대로 용해세기를 높여야 한다.

2) 용광로에서 선철생산

용광로는 우로는 장입물을 넣고 밑으로는 바람을 불어넣어 선철을 생산하는 크고 복잡한 고정식환원로이다.

(1) 선철생산의 원리

용광로에서는 환원제로 콕스를 쓴다.(그림 1-5)

용광로안에서 콕스는 반응과정에 요구하는 열에네르기를 보장하며 환원제의 역할도 함께 수행한다.

선철생산에서는 총 열량의 50~60%가 환원행정에 소비된다.

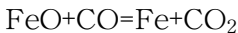
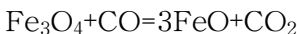
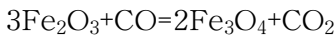
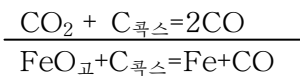
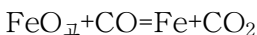
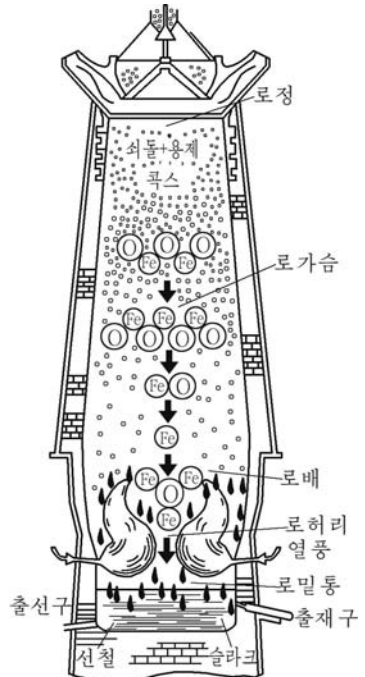
용광로에서 철광석환원에는 고체탄소와 CO가 기본으로 참가하며 물김이 분해되여 생긴 H_2도 환원제로 된다.

간접환원반응에 의하여 선철이 형성되는 과정은 다음과 같다.

$$3Fe_2O_3+CO=2Fe_3O_4+CO_2$$
$$Fe_3O_4+CO=3FeO+CO_2$$
$$FeO+CO=Fe+CO_2$$

그림 1-5. 선철의 형성과정

직접환원은 CO의 참가밑에 다음과 같이 진행된다.

$$FeO_{고}+CO=Fe+CO_2$$
$$\underline{CO_2 + C_{콕스}=2CO}$$
$$FeO_{고}+C_{콕스}=Fe+CO$$

용광로에서 콕스가 환원제로 되므로 선철에 탄소가 풀리여 들어가

게 되는데 최대 4.3%정도까지 포함된다.

용광로에서 생산한 선철의 화학조성은 표 1-4와 같다.

선철의 화학조성/% 표 1-4

C	Si	Mn	P	S
3.9~4.3	0.8~4.3	0.5~1.6	0.06~1.5	0.02~0.06

선철에서 철함량은 95%이상이며 약 5%는 기타 불순물질들이다.

선철의 화학조성은 선철의 용도, 쇠돌의 종류에 따라 용광로조업방식을 다르게 취하므로 약간의 차이를 가지게 된다.

(2) 주원료와 부원료 및 연료

① 주원료

선철생산에서 주원료는 쇠돌, 소결광, 산화배소구단광, 환원구단광 등이다.

② 부원료(용제)

용광로부원료로서는 석회석$(CaCO_3)$을 쓴다.

③ 연료

용광로에서의 선철생산에서 콕스는 연료와 환원제의 역할을 다같이 수행한다. 용광로 밑통으로 불어넣는 공기중의 산소와 콕스가 반응할 때 많은 열량이 발생하여 선철생산에 필요한 에네르기를 보장한다.

(3) 용광로의 구조와 설비, 생산공정

① 용광로의 구조와 설비

용광로직장에는 생산공정에 따라 원료 및 연료공급설비(장입장치), 용광로로체, 송풍설비, 가스청정설비, 선철과 슬라크처리설비들이 있다.

용광로설비의 기본부분으로서 그의 모양은 그림 1-6과 같다.

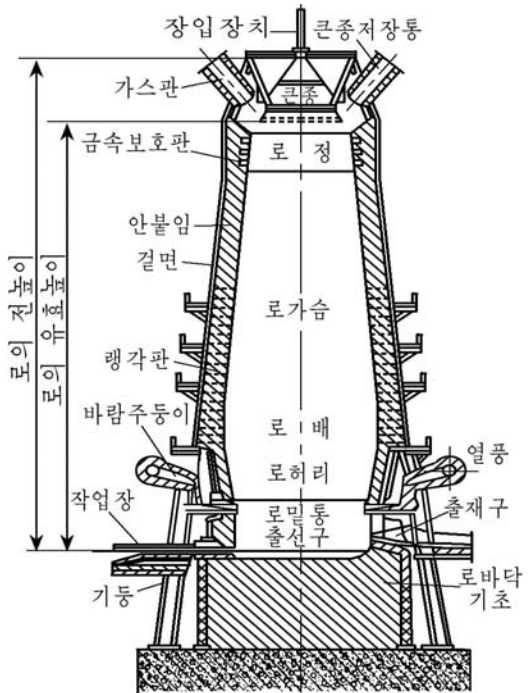



그림 1-6. 용광로의 구조

용광로의 작업공간안은 5개의 부분 즉 로정, 로가슴, 로배, 로허리, 로밑통으로 되여있다.

로정은 원통형이며 장입할 때 장입물의 충격을 받아 벽이 닳아지지 않도록 하기 위하여 금속보호판으로 보강한다.

로가슴은 밑으로 내려가면서 퍼진 원추대모양으로 되여있다.

이것은 장입물이 내려가면서 가열되여 불어나므로 순조롭게 내려가도록 하기 위해서이다.

로배는 로에서 가장 넓은 원통부분이다.

이 부분에서 고체상태의 장입물이 액체상태로 넘어가면서 슬라크가 생겨 바람이 잘 통하지 않을수 있기때문에 이 부분을 넓게 만들었다.

로허리는 밑으로 내려가면서 좁아진 원추대모양으로 만들었는데 이것은 장입물이 녹으면서 점차 체적이 줄어들기때문이다.

로밑통은 로의 아래쪽에 있는 원통형부분이다.

여기에는 쇠물과 슬라크가 고인다. 로밑통에는 바람주둥이, 출재구, 출선구가 설치되여있다.

바람주둥이는 로밑통웃부분에 설치되여있으며 출선구는 로밑통의 제일 밑에 1~2개 설치되여있다.

출재구는 로밑통높이의 2/3 되는 위치에 보통 2개 설치되여있다.

안붙임은 보통 샤모트벽돌로 쌓으며 로바닥으로부터 로가슴가운데까지의 겉면과 안붙임사이에는 랭각판을 설치하였다.

용광로생산설비는 원료 및 연료공급설비, 로정장입설비, 로체작업기계설비, 주선기 등으로 되여있다.

원료 및 연료공급설비는 로꺽대기에 장입할 장입물(쇠돌, 콕스, 석회석)을 저울로 달아 장입비률을 맞추어 운반광차로 로꺽대기에 실어올리는 사명을 수행한다.

로정장입설비는 장입물이 용광로아래로 내려가는데 따라 골고루 분포되여 떨어지도록 한다.

로체작업기계설비는 선철과 슬라크를 뽑을 때 구멍을 내거나 막는 사명을 수행한다.

주선기는 용광로쇠물을 형타에 부어 일정한 크기의 덩어리로 만드는 설비이다.

② 생산공정

저울로 계량하여 배합비를 맞춘 장입물(쇠돌과 석회석, 콕스)을 운

반광차에 실어 용광로꼭대기에 올린다.

다음 로정장입설비를 리용하여 장입물이 내려가는데 따라 주기적으로 장입한다.

송풍기로 용광로밑부분에 있는 구멍을 통하여 공기를 련속 불어넣는다.

이때 로안부분에서는 환원된 금속철이 공기중의 산소가 콕스와 반응하여 발생한 높은 열에 의하여 액체로 되여 녹아내리며 뜨거운 CO가스는 우로 올라가면서 철광석을 환원한다.

실지 용광로생산공정에서는 가열한 공기를 불어넣을 때 산소의 농도를 의식적으로 높여주고 송풍압을 크게 하여 물김을 공기와 함께 불어넣어 선철생산을 늘이는 방법들이 도입되고있다.

용광로밑에 쇠물과 슬라크가 차게 되면 슬라크는 출재구로, 쇠물은 출선구를 통하여 뽑아낸다.

용광로의 생산성을 로안용적 $1m^3$당 하루 선철생산량으로 평가한다.

로안용적 $1m^3$당 생산성은 보통 2t정도인데 실례로 용적이 1 $000m^3$인 용광로의 하루 생산량은 2 000t이다.

용광로의 하루생산량은 로의 크기에 비례하여 커진다.

2. 합금철생산

순수한 철은 세기와 굳기 등 성질에 있어서 인민경제 여러 부문의 다양한 요구를 만족시키지 못한다.

실례로 화학공장이나 식료공장에서 사용하는 철은 녹이 쓸지 말아야 하며 기계공장에서 사용하는 절삭공구는 철을 깎을수 있을 정도로 굳기와 세기가 높아야 한다.

강철의 질을 개선하기 위하여 첨가하는 금속 또는 비금속원소들과 철과의 합금을 합금철이라고 한다.

철에 대한 수요가 다양한데로부터 합금철의 종류도 여러가지이다.

합금철을 쇠물에 첨가하여 강철의 화학조성을 변화시키거나 강질에 나쁜 영향을 주는 혼입물들을 제거할수 있으며 쇠물의 굳기조건을 변화시켜 강질을 다르게 할수도 있다.

따라서 합금철은 쇠물안에서 탈산제, 합금첨가제, 쇠물개량제의 역할을 수행한다.

탈산제의 역할을 한다는것은 쇠물안에 들어있는 산소를 빼낸다는것이며 합금첨가제의 역할을 한다는것은 화학조성을 변화시켜 요구하는 강철의 성질을 보장한다는것이다.

쇠물개량제의 역할이라는것은 녹인 쇠물을 쏟기 직전에 합금철을 넣어 결정핵을 형성시킴으로써 쇠물의 질을 변화시키는것을 말한다.

(1) 합금철의 생산원리

합금에 필요한 원소들은 자연계에 거의나 산화물상태로 있다.

따라서 환원제로 환원하여 합금원소를 얻어야 한다.

합금철생산원리는 산소와의 결합세기를 리용하여 광석을 환원하는데 있다.

환원제로는 보통 무연탄을 쓴다.

실지 생산에서는 쇠밥을 일정하게 넣어 철에 합금원소가 풀리도록 하여 합금철을 만든다.

철을 넣어주면 광석중 얻으려는 원소가 합금철에로의 환원이행률이 높고 낮은 녹음점을 보장할수 있으며 슬라크를 분리하고 생산에 사용하기 적중한 제품을 품위별로 생산할수 있다.

(2) 합금철생산방법

생산방법에는 용광로법, 탄소를 환원제로 쓰는 전열법, 전기규소고열환원법, 전기에네르기를 쓰지 않고 로밖에서 진행하는 금속고열환원법 등이 있다.

① 용광로법

합금원소가 들어있는 광석을 용광로에서 콕스로 환원하여 생산한다.

생산방법은 용광로에서 선철을 생산할 때와 비슷하다.

규소철과 망간철 등 매우 제한된 품종의 합금철을 생산하는데 품위가 낮고 탄소함유량이 높은 결함이 있다.

② 탄소를 환원제로 쓰는 전열법

합금철생산에 필요한 열량은 전기에네르기로 보장하고 탄소는 광석환원만을 하도록 하는 방법이다.

광석과 환원제인 무연탄을 련속 장입하여 일정한 시간간격으로 합금철을 액체상태로 뽑아낸다.

이 방법으로 규소철, 규소칼시움, 규소알루미니움, 규소망간, 규소크롬, 고탄소크롬철, 고탄소망간철 등을 생산한다.

이 방법의 우점은 탄소로 환원하여 여러가지 합금철을 생산할 때 나서는 모든 요구를 만족시키고있으며 품위높은 합금철을 생산하는것이다.

전열용해로는 로체의 구조에 따라 밀페식과 개방식, 고정식과 회전식이 있다.

밀페식은 로의 웃면을 뚜껑으로 덮은 로이며 개방식은 열린 로이다.

회전식은 로체가 중심을 축으로 하여 회전하게 되여있다.

전열용해로는 밀페, 회전식방향으로 발전하고있다.

③ 전기규소고열환원법

합금원소들은 거의나 탄소와 결합능력이 강하기때문에 환원제로 탄소를 써서 합금철(규소철은 제외)에 탄소가 포함된다.

탄소가 풀려있는 강철에 합금원소를 첨가하면 탄소와 결합하면서 합금원소의 특성을 나타내지 못한다.

때문에 합금강생산에서는 강철속의 탄소함유량을 한도이상 낮추어야 하며 넣어야 할 합금철에도 탄소가 매우 적어야 한다.

탄소가 없거나 적게 포함된 합금철을 생산하기 위하여 전기규소고열환원용해법이 나오게 되였다.

전기규소고열환원법이란 전기용해로에서 규소를 환원제로 하여 광석산화물을 환원하여 탄소가 없거나 적은 합금철을 생산하는 방법을 말한다.

용제로는 생석회를 쓴다.

공업에서는 용광로법과 탄소를 환원제로 쓰는 전열용해법을 가리켜 환원로라고 하며 전기규소고열환원용해로를 정련로라고 부른다.

정련로에서는 무탄소크롬철, 중탄소 및 저탄소크롬철, 저탄소망간철, 바나디움철, 희토류합금철과 알카리금속의 합금철을 생산한다.

④ 전기에네르기를 쓰지 않고 로밖에서 진행하는 금속고열환원법

산화물과 금속환원제사이에서 환원반응이 진행될 때 발열반응의 열량이 매우 크다면 외부에서 열을 주지 않아도 반응생성물이 녹은 상태로 얻어지게 된다.

이 원리를 리용하여 녹음점이 높은 합금을 생산하는데 전기에네르기를 쓰지 않고 로밖에서 진행하는 금속고열환원법을 쓴다.

금속환원제로 알루미니움을 주로 쓴다.

금속산화물과 알루미니움을 가루상태로 만들어 골고루 섞은 다음 가열한다.

일정한 온도에 도달하면 폭발적으로 빠른 반응이 진행되며 이때 금속산화물에서 환원된 금속과 알루미니움이 산화되여 슬라크가 생긴다.

이 방법으로 크롬, 망간, 바나디움, 월프람, 몰리브덴, 티탄, 니켈, 탈리움, 붕소가 들어있는 합금철을 생산한다.

3. 강철생산

금속공업가운데서도 특히 강철공업의 발전은 나라의 공업화수준과 경제적위력을 평가하는 중요한 징표로 된다.

그러므로 금속공업부문에서는 강철생산에 계속 큰 힘을 넣어 질좋은 강철을 더 많이 생산보장하여야 한다.

그러기 위하여서는 우리 나라의 원료와 연료에 의거하는 주체적인 야금법을 연구완성하며 생산공정의 종합적기계화와 자동화, 콤퓨터화, 로보트화를 적극 실현하여야 한다.

또한 제강소들에서 강철 1t당 연료 및 전력소비기준을 낮추며 기술경제적지표들을 끊임없이 갱신해나가야 한다.

1) 강철생산원리

강철생산(제강)행정은 산화환원행정이다.

강철생산원료인 주체철, 선철이나 파철을 비롯한 기타 원료속에는 강철에서보다 C, Si, Mn, P 등 혼입원소들이 많기때문에 이것들을 산화시켜 제거함으로써 요구되는 강철의 조성을 맞추는것이 제강행정이다.

혼입원소들의 산화는 기체속의 산소나 철산화물(Fe_2O_3 등)속에 포함되여있는 산소와 같은 산화제에 의하여 진행된다.

보통 제강행정은 쇠물, 슬라크 그리고 가스와 같은 3가지 물질들의 물리화학적호상작용속에서 진행된다.

매개 개별적인 물질속에 들어있는 성분들을 구별하기 위하여 원소기호를 괄호안에 넣어 표시하는데 [ ]는 쇠물, ( )는 슬라크 그리고 { }는 가스를 나타낸다.

실례로 [Mn]+(FeO)=(MnO)+[Fe]의 반응식을 풀이하여보면 쇠물속에 넣은 망간과 슬라크속의 산화철이 반응하여 Mn은 MnO로 되여 슬라크로 되고 슬라크속의 FeO는 Fe로 환원되여 쇠물로 들어간다는 뜻이다.

모든 물리화학적변화과정은 열을 방출 혹은 흡수하면서 진행된다.

이때 방출 혹은 흡수하는 열량을 열효과라고 부르며 Q로 표시한다.

발열과정의 열효과는 <->부호를, 흡열과정의 열효과는 <+>부호를 가진다.

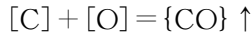
제강행정에서 진행되는 기본반응들은 다음과 같다.

① 탄소의 산화

탄소는 강철생산의 기본원료인 선철속에 많이 들어있는 혼입원소이다.

제강행정에서 탄소산화의 특징은 산화반응생성물이 쇠물속에서 가스방울형태로 형성되여 떠올라오면서 쇠물을 맹렬히 끓게 하는것이다.

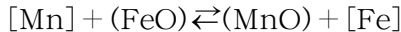
쇠물에 풀린 산소에 의한 탄소의 산화반응은 다음과 같다.

$$[C]+[O]=\{CO\}\uparrow$$

[C], [O]-쇠물에 풀려있는 탄소와 산소

② 망간의 산화

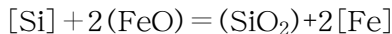
망간은 산소와 결합하는 능력이 철보다 크므로 제강행정에서 쉽게 산화된다.

$$[Mn]+[O]\rightleftarrows(MnO)$$

$$[Mn]+(FeO)\rightleftarrows(MnO)+[Fe]$$

③ 규소의 산화

망간보다 산소와 결합하는 능력이 더 큰 규소는 제강행정의 초기에 거의 완전히 산화된다.

$$[Si]+2[O]=(SiO_2)$$

$$[Si]+2(FeO)=(SiO_2)+2[Fe]$$

염기성슬라크조건에서 용해할 때 SiO_2은 견고한 화합물인 $2CaO\cdot SiO_2$을 형성하므로 장입물속의 규소가 완전히 산화되게 한다.

④ 탈린

탈린이란 쇠물속의 린을 빼내는것을 말한다.

강철속의 린은 강철의 기계적성질에 나쁜 영향을 주는 유해혼입원소이다.

따라서 강철속의 린함유량은 강종에 따라 0.015~0.050% 한계로 제한한다.

유해원소인 린과 산화제거에 영향을 주는 인자들로서는 슬라크안의

FeO의 농도(산화도), CaO의 농도(염기도)와 온도이다.

쇠물속의 린을 잘 빼자면 슬라크의 산화도와 염기도는 높이고 쇠물의 온도는 낮추어야 하며 린을 흡수한 슬라크를 련속적으로 걷어내고 새 슬라크를 만들어주어야 한다.

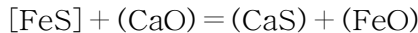
⑤ 탈류

탈류란 쇠물속의 류황을 빼내는것을 말한다.

린과 마찬가지로 류황도 강철에서 유해로운 원소이다.

탈류제로는 CaO를 쓴다.

탈류반응은 다음과 같다.

$$[FeS]+(CaO)=(CaS)+(FeO)$$

제강행정에서 류황은 주로 환원성슬라크에 의하여 제거되며 일부는 가스(SO_2)로 제거된다.

그러므로 슬라크의 염기도를 높이고 산화도를 낮추는것이 탈류에 유리하다.

또한 쇠물의 온도를 높이고 활발하게 교반하는것도 탈류에서 긍정적인 역할을 한다.

⑥ 강철속의 가스

모든 강철속에는 산소, 수소 그리고 질소와 같은 성분들이 포함되여 있다. 그것들은 강철속에 백분의 1%, 천분의 1% 정도로 포함될 때에도 강철의 성질에 나쁜 영향을 준다.

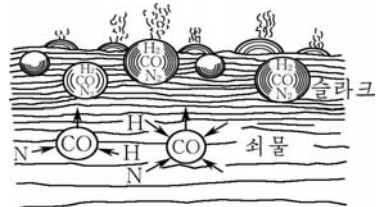
강철이 액체상태로부터 고체상태로 굳어질 때 쇠물에 풀린 가스의 용해도가 작아지는데 이렇게 되면 가스는 쇠물로부터 방출되게 된다.

이 결과 강철에는 백점(수소가 가스형태로 방출되는 결과 형성되는 미세한 터짐), 가스구멍 등의 결함이 생긴다.

강철의 성질에 나쁜 영향을 주는 수소와 질소는 탄소산화반응($2C+O_2=2CO$)의 결과 쇠물로부터 제거된다.

탄소산화반응의 결과에 형성된 CO가스는 쇠물층의 맹렬한 끓음을 일으키면서 쇠물로부터 빠져나간다.

그림 1-7. CO거품이 쇠물속에 H_2, N_2가스들을 흡수하여가지고 빠지는 략도

쇠물속에서 떠오르는 CO거품은 우로 떠오르는 과정에 그림 1-7에서 보는바와

같이 H_2, N_2 등의 성분들을 흡수하면서 쇠물로부터 빠져나간다.

끓음이 강하면 강할수록 강철속의 가스함유량은 더 낮아지며 강철의 질은 더 좋아진다.

H_2, N_2을 제거하기 위하여 또한 쇠물의 진공처리, 쇠물속에 불활성가스(Ar)취입 등을 리용한다.

⑦ 강철의 탈산

탈산은 쇠물속의 산소를 빼는 행정이다.

제강원료로부터 강철을 만들 때 탄소를 비롯하여 Mn, Si 등 혼입원소들을 여러가지 산화제(Fe_2O_3 또는 O_2)를 가지고 산화시키기때문에 강철속에는 산화생성물이 많이 포함되여있다.

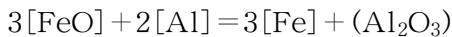
강철속에 산화물형태로 들어있는 그러한 산화생성물들을 빼지 않으면 강철의 질을 제대로 보장할수 없다.

그러므로 반드시 혼입원소들을 산화제거한 다음에는 쇠물에 대한 탈산작업을 진행하여야 한다.

탈산을 진행하기 위하여서는 철보다 산소와 더 세게 결합하는 원소들을 쇠물속에 넣어줌으로써 산소를 탈산제원소와의 산화물로 전환시켜 제거하여야 한다.

가장 널리 리용하는 탈산제로서는 합금철형태의 망간, 규소 그리고 금속알루미니움이다.

실례로 쇠물속에 알루미니움을 넣으면 다음의 반응이 일어난다.

$$3[FeO]+2[Al]=3[Fe]+(Al_2O_3)$$

이 반응에 의하여 쇠물속의 산소는 철보다 산소와의 친화력이 더 센 알루미니움에 의하여 Al_2O_3상태의 슬라크로 빠져나가게 된다.

탈산방법에는 쇠물에 탈산제를 첨가하는 조건에 따라 침전탈산과 확산탈산의 두가지방법이 있다.

침전탈산할 때에는 덩어리형태의 탈산제를 쇠물속에 넣으며 확산탈산할 때에는 가루형태로 슬라크우에 첨가한다.

이밖에 보다 더 완전한 탈산을 위하여 쇠물의 진공처리 혹은 합성슬라크처리 등을 진행한다.

탈산정도에 따라 강철은 비등강, 진정강, 반진정강으로 나눈다.

진정강은 많은 량의 탈산제를 첨가하여 쇠물속의 전체 산소를 탈산제원소와의 화합물로 전환시킴으로써 거의 완전히 탈산한 강철이다.

진정강을 조괴(강덩이를 만드는것)할 때에는 가스가 나오지 않으며 고요히 응고된다.

비등강은 망간만으로 부분적으로 탈산한 강철이다.

조괴할 때 비등강은 반응 [O]+[C]→{CO}에 의하여 형성되는 일산화탄소거품의 발생으로 끓는다.

반진정강은 탈산정도가 비등강과 진정강의 중간정도인 강철이다.

⑧ 제강슬라크

제강행정에서 슬라크는 매우 중요한 역할을 수행한다.

슬라크의 량과 조성 및 성질은 생산되는 강철의 질, 로내화물의 수명, 제강로의 생산성에 큰 영향을 준다.

제강행정에서 슬라크는 다음과 같은 기능을 수행한다.

① 슬라크는 장입물속에 들어있는 혼입원소(C, Si, Mn, P 등)들이 산화될 때 생기는 모든 산화물들을 흡수한다.

② 로분위기(로공간의 기체매질)로부터 쇠물에로의 산소전달자적역할을 수행한다.

③ 전기로용해에서는 쇠물에로 열을 전달한다.

④ 로분위기속에 포함되여있는 기체가 쇠물에 침투하는것을 막아준다.

슬라크의 기본성분은 생석회(CaO)와 산화규소(SiO_2)인데 이것은 로내화물과 용제(생석회, 형석 등), 금속장입물안의 혼입원소들의 산화생성물 등으로부터 형성된다.

슬라크의 중요한 성질지표로서는 그것의 염기도와 산화도이다.

슬라크의 염기도는 슬라크에 포함되여있는 CaO와 SiO_2의 질량 %의 비로 표시하는데 CaO/SiO_2이 1.5이하이면 저염기도슬라크, 2.5이상이면 고염기도슬라크라고 한다.

또한 슬라크안의 철산화물의 함유량은 슬라크의 산화도(산화능력)를 규정한다.

슬라크에서는 점성이 또한 중요한데 염기도가 높아짐에 따라 점도가 높아지면서 슬라크가 걸죽해지며 흐름성이 나빠진다.

2) 산소전로에서 강철생산

(1) 전로행정의 일반원리

전로제강법에서는 전기나 연료를 전혀 쓰지 않고 용선(녹은 선철)에 산소와 공기를 취입하면 용선안에 있던 혼입원소들(C, Si, Mn, P

등)이 산화되면서 많은 량의 열이 생기는데 이 열에 의하여 쇠물의 온도가 높아진다.

따라서 용선은 전로의 기본원료이면서 동시에 연료의 사명도 수행한다.

전로는 취입하는 바람에 따라 공기전로와 산소전로로, 취입하는 형식에 따라 하취식, 상취식, 상하취식전로로 나눈다.

또한 행정형식에 따라 염기성전로와 산성전로로 나눈다.

공업적규모에서 강철을 생산한 세계최초의 전로는 하취식공기전로(밑으로 공기를 취입하는 전로)였으며 제강행정은 산성행정이였다.

하취식산성전로가 점차 발전하여 상취식산소전로, 상하취식산소전로가 나왔고 제강행정은 오늘날에 와서 모두 염기성행정으로 되였다.

산소전로행정에서는 용선속에 공업적으로 순수한 산소를 취입하여 강철을 생산한다.

현재 세계적으로 산소전로에서의 강철생산량은 총 강철생산량의 60%이상 차지하고있다.

(2) 산소전로의 구조와 설비

염기성상취식산소전로는 독모양으로 생긴 제강로이다.(그림 1-8)

로안붙임은 타르를 점결제로 하여 프레스성형하고 소성하지 않은 마그네샤벽돌로 쌓는다.

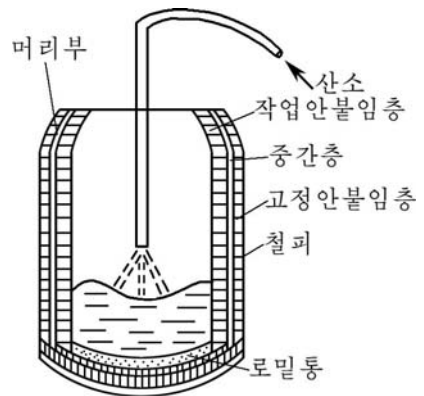
로는 360°로 마음대로 돌릴수 있게 되여있으며 작업할 때에는 수직으로 세운다.

로안에는 작업공간높이의 1/6정도로 쇠물을 채우며 산소취입관이 수직으로 오르내리게 되여있다.

그림 1-8. 산소전로의 로체

산소취입관은 3중관으로 되여있는데 가운데관으로는 0.8~1.2MPa의 산소를 취입하고 나머지관으로는 랭각수가 흐른다.

취입관에서 뿜어나오는 산소의 속도는 500~600m/s이다.

랭각수의 압력은 0.6~1.0MPa이며 취입관안에서의 온도가 40℃를

넘지 말아야 한다.

상취식산소전로에서 산소를 취입할 때 많은 량의 고온가스와 먼지가 생기므로 로웃부분에 폐열회수장치와 제진장치를 설치한다.

참고자료

쇠물 1t속에 있는 탄소 0.01%를 산화시키는데 드는 산소량

탄소함유량/%	산소소비량/㎥
0.9~1.0	0.03~0.06
0.3~0.6	0.04~0.06
0.1~0.25	0.05~0.07
0.05~0.1	0.47
0.05아래	1.25~1.88

(3) 원료

산소전로행정에서 주원료는 용선이다.

산소전로행정에서 파철은 주원료이며 동시에 랭각제로서 작용하는데 장입량은 금속장입물의 10~30%이다.

부원료로서는 용제와 산화제 그리고 탈산 및 합금첨가제 등이다.

용제로서는 생석회, 형석 등을 쓰며 산화제로서는 산소, 쇠돌, 소결광을, 탈산 및 합금첨가제로서는 규소철, 망간철 등 합금철을 쓴다.

산소는 순도가 98.5~99.5%인것을 쓴다.

(4) 용해작업

산소전로에서의 작업공정은 그림 1-9에서 보는바와 같이 파철장입, 용선주입, 산소취입 및 용제장입, 온도측정 및 시료채취, 출강 및 합금화, 슬라크쏟기로 이루어졌다.

출강이 끝나면 로안의 슬라크를 쏟아내고 로안붙임의 열간보수를 진행한다. 열간보수는 슬라크의 일부를 남기고 거기에 마그네샤크링카나 파벽돌을 넣어 굳혀주는 방법으로 하거나 로보수기계에 의하여 진행한다.

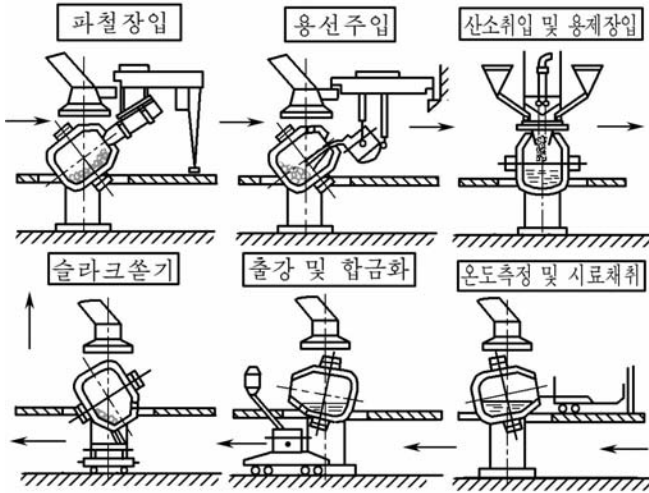



그림 1-9. 산소전로에서의 용해작업공정

로보수가 끝나면 먼저 파철을 넣고 용선을 부어넣는다.

주원료의 장입이 끝나면 로를 수직으로 세우고 산소취입관을 내리워 산소를 취입하기 시작한다.

이때부터 정련행정이 진행된다.

산소를 취입하기 시작하여 20s안에 1차부원료(총량의 40~60%에 해당하는 용제와 쇠돌)를 넣어 초기슬라크를 형성시키는데 정련하는 동안에 나머지 부원료를 여러번 나누어넣는다.

산소취입을 시작하자마자 혼입원소들가운데서 규소와 망간이 먼저 산화된다.

그것은 산소취입을 시작한 초기 1 450~1 550℃이하의 낮은 온도에서 규소와 망간이 산소와 결합하는 능력이 크기때문이다.

산소취입이 계속됨에 따라 규소와 망간의 우선적인 산화에 이어 탄소의 산화가 진행된다.

탄소의 산화가 진행되면서 동시에 린의 산화제거 즉 탈린행정도 진행된다.

린의 대부분은 온도가 낮고 슬라크안의 FeO함유량이 높은 산소취입초기에 산화제거된다.

산소전로에서는 린함유량이 0.02%인 강철을 생산할수 있다.

산소전로행정에서는 탈류조건도 비교적 좋다.

산소취입마감에 염기도가 2.5이상으로 보장되므로 30~50%의 탈류률이 보장되며 쇠물속의 류황은 0.02~0.04%까지 낮아진다.

쇠물속의 탄소가 요구되는 함유량(보통 0.12±0.02%)까지 낮아지고 온도가 1 620℃정도에 이르면 산소취입을 멈추고 취입관을 들어올린 다음 로를 기울여 출강구를 통하여 쇠물을 남비에 출강한다.

슬라크는 로를 반대로 기울여 로입을 통하여 슬라크남비에 쏟는다.

쇠물을 남비에 출강하면서 쇠물속에 포함되여있는 산소를 빼내기 위한 탈산조작을 남비에서 한다.

현재 세계적으로 20t으로부터 450t까지의 용량을 가진 산소전로들이 가동하고있으며 용해시간은 로용량에 따라 30~50min정도이다.

3) 전기로에서 강철생산

(1) 전기로에서 강철생산원리

전기로는 전기에네르기를 열에네르기로 전환시켜 강철을 녹이는 로이다.

때문에 연료의 연소열을 쓴 평로나 쇠물의 산화열을 쓰는 전로에 비하여 일련의 특성을 가지고있다.

① 전기로에서는 2 000℃이상의 온도를 쉽게 얻을수 있으므로 녹음점이 높은 월프람, 몰리브덴과 같은 원소들을 함유한 합금들과 합금강들을 성과적으로 용해할수 있다.

② 전기로에서는 슬라크의 강한 환원성을 조성할수 있으므로 규소, 티탄, 알루미니윰, 붕소와 같은 잘 산화되는 합금원소들도 쇠물속에 쉽게 합금시킬수 있으며 요구하는 조성을 정확히 맞출수 있다.

③ 전기로에서는 쇠물의 온도와 로분위기를 마음대로 변화시킬수 있으므로 린, 류황, 산소함유량이 낮은 강철을 생산할수 있다.

④ 전기로행정에서는 진공설비를 비롯한 선진기술을 쉽게 도입할수 있으므로 질이 매우 높은 강철을 생산할수 있다.

전기제강로는 이러한 특성으로 하여 지난 기간 주로 특수강생산에 리용되여왔다.

그러나 전기로의 용량과 변압기능력을 크게 하고 장입물의 예열, 산소취입, 초고전력조업과 같은 기술공정을 받아들이고 쇠물의 로외정련공정과 련결하여 로의 생산성이 높아지고 강철 1t당 원가가 낮아짐에

따라 특수강뿐아니라 일반강재생산에도 널리 쓰이고있다.

전기제강로들은 전기에네르기를 열에네르기로 바꾸는 방법에 따라 전호전기로, 저항로, 유도로, 전기슬라크재용해로, 플라즈마로, 전자속로로 나눈다.

전호전기로는 전기에네르기를 전호에 의하여 열로 전환시키는 로이다.

전호전기로는 전류특성, 전극수 및 장입물의 가열방식에 따라 다음과 같이 나눌수 있다.

① 전류특성에 따라 교류전호전기로와 직류전호전기로로 나눈다.

② 전극수에 따라 단상전호전기로와 3상전호전기로로 나눈다.

③ 전호를 일으켜 장입물을 가열하는 방식에 따라 직접전호전기로와 간접전호전기로로 나눈다.

직접전호전기로에서는 전극과 장입물사이에서 전호가 일어나며 전호열에 의하여 장입물이 가열되고 녹는다.

강철생산에 가장 널리 리용되고있는 전기로는 3상교류전호전기로이다.

이 전기로는 직접전호방식으로 장입물을 녹인다.

저항로는 가열체에 전류가 흐를 때 생기는 열로써 장입물을 가열한다.

이 로는 생산성이 낮고 전력소비량이 높은 일련의 결함으로 하여 널리 리용되지 못하고있다.

유도로에서는 전자기유도작용으로 장입물에서 생기는 유도전류에 의하여 금속이 가열된다.

유도로에는 철심유도로(저주파유도로)와 무철심유도로(고주파유도로, 중주파유도로)가 있다.

강철생산에는 주로 무철심유도로가 리용된다.

전기슬라크재용해로는 액체슬라크의 저항열에 의하여 금속을 녹이는 전기로이다.

이 로에서는 금속원료이면서 로에 전력을 공급하는 역할을 하는 금속전극이 슬라크속에서 그의 저항열에 의하여 녹은 다음 물랭각식결정기안에서 강괴로 된다.

플라즈마로는 플라즈마전호에 의하여 생기는 열로 금속을 녹인다.

플라즈마로는 저주파유도로와 결합하여 쓰기도 한다.

전자속로는 진공속에서 전자속을 금속에 쏘아서 녹이는 로이다. 이 로는 녹이기 어려운 금속 또는 합금을 생산하는데 쓰인다.

(2) 전기로용원료와 연료

강철생산에서 원료는 주원료, 부원료, 합금첨가제로 나눈다.

강철은 제강로에서 주체철과 파철, 선철 등을 주원료로 하여 생산한다.

부원료는 슬라크형성재료인데 석회석, 생석회, 형석, 파샤모트벽돌등이 속한다. 또한 산화제(기체산소, 쇠돌, 쇠껍질), 가탄제(무연탄, 흑연가루)들도 속한다.

탈산제는 쇠물속의 산소를 뽑아내는 합금철 또는 원소(Fe-Si, Fe-Mn, Al)들을 말하며 합금첨가제는 쇠물속에 필요한 합금원소를 넣는 합금철을 말한다.

실례로 Fe-Mn, Fe-Si, Fe-Ni, Fe-Cr, Fe-B 기타 합금철들이 있다.

전기제강에서는 용해행정에 필요한 열을 전기에네르기로 보장한다.

(3) 전기로에서 강철생산방법

① 전기로의 구조

전기로는 전기에네르기를 열에네르기로 전환시키는 방식에 따라 전호로, 유도로, 저항로, 전기슬라크재용해로, 플라즈마로, 전자속로 등으로 나눈다.

전기로는 전기에네르기를 집중적으로 공급하여 2 000℃이상의 높은 온도를 쉽게 보장할수 있으므로 녹음점이 높은 원소들이 많이 들어가는 고합금강을 생산할수 있으며 로분위기를 임의로 조성하여 여러가지 특수한 사명을 가진 합금강들을 생산할수 있는 유리한 특성을 가지고있다.

공업적규모에서 전기로강생산은 주로 염기성안불임한 전호전기로와 유도로에서 진행한다.

이로부터 흔히 전호전기로를 전기로라고 한다.

전기로에서의 강철생산방법은 다른 제강로들에 비하여 질이 높은 고합금강들을 생산할수 있는 우점을 가지고있다.

전기로를 구조적으로 보면 장입원료를 용해하는 설비인 로체와 전력을 공급하는 계통인 전기설비로 되여있다.(그림 1-10)

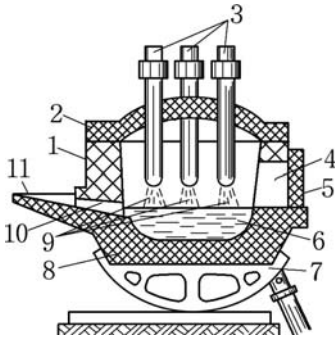



그림 1-10. 전기로의 구조
1-로체, 2-로천정, 3-전극, 4-장입구, 5-장입문, 6-쇠물, 7-선형치차, 8-로바닥, 9-전호, 10-출강구, 11-출강수채

로체 1은 10~30mm의 강철제외피와 그안에 안붙임한 내화재료로 되여있다.

로체우에는 천정 2가 놓여있으며 로체와 천정의 내부가 바로 용해실로 된다.

천정을 통하여 전극 3이 로안에 들어가게 되여있다.

로옆에는 장입문 5와 출강구 10이 있으며 로밑에는 로의 기초와 로기울임기구(경동장치)가 설치되여있다.

전극은 전극지지팔에 붙어있는 전극쥐개에 고정되여있으며 전극오르내림기구에 의하여 오르내린다.

전호전력은 변압기실에 설치된 로용변압기 2차측단자로부터 변압기2차모선→유도선→전극지지팔모선(동관)→전극에 공급하게 되여있다.

② 용해공정

전기로직장은 원료장, 용해장, 조괴장으로 되여있다.

원료장에 주원료와 부원료를 보관하였다가 용해장에 있는 전기로에 공급한다.

용해장에는 전기로들이 설치되여있으며 전기로에서 파철을 녹여 강철을 만든다.

조괴장에서는 전기로에서 녹인 쇠물을 강편 또는 강괴로 만든다.

조괴장에는 겁조괴설비와 련속조괴설비들이 설치되여있다.

전기로에서 강철의 용해는 산화용해와 무산화용해 두가지방법으로 진행한다.

산화용해공정

산화용해는 파철, 회수강, 선철 등과 같이 혼입원소(Si, Mn, S, P)들이 많이 들어있는 재료들을 쓰는 경우에 이러한 원소들을 산화시켜 없애기 위하여 진행한다.

산화용해는 로의 열간보수, 장입, 용융, 산화, 슬라크제거, 환원 및 출강으로 진행한다.

-로의 열간보수

열간보수는 매 용해마다 쇠물을 뽑아낸 다음 용해과정에 안붙임이 화학적작용이나 열적작용을 받아 로의 경사면과 바닥이 패운 곳에 한다.

출강후 로를 바로 세우고 바닥과 경사면의 패운 곳에서 슬라크와 금속찌기를 깨끗이 긁어낸다.

다음 마그네샤크링카가루(MgO)에 서슬물이나 피치가루를 넣고 혼합하여 만든 다짐재료를 패운 곳에 보수기계로 쏟아넣거나 보수삽으로 다져넣는다.

로의 열간보수는 보수재료를 미리 준비하여놓았다가 출강후 될수록 빠른 시간내에 끝내야 한다.

그래야 로의 열방출이 적고 로안붙임이 잘 붙을수 있다.

-장입물의 장입

장입은 금속장입물을 미리 준비하여 장입바구니에 담았다가 열간보수가 끝나면 로천정을 들어옮기고 로꽉대기로 장입바구니안의 장입물을 쏟아넣는 방법으로 진행한다.

장입물을 빨리 녹이기 위하여서는 될수록 장입밀도를 높여야 하는데 이를 위하여 크기가 작으면서도 질량이 큰 잔파철을 먼저 장입하며 그우에 주체철이나 큰 장입물을 장입한다.

파철속에 유색금속쪼각이나 오물, 폭발물이 섞이지 않게 하여야 한다.

용융기장입이 끝나면 로천정을 덮고 전극을 내리우면서 전극에 전류를 보낸다.

전극과 장입물사이에서 전호가 일어나면 전호의 높은 열에 의하여 전극밑의 장입물이 녹기 시작한다.

-용융기

장입물이 다 녹을 때까지를 용융기라고 한다.

전극은 파철을 녹여 자기의 직경보다 1.3~1.4배 더 큰 직경의

《우물》을 만들면서 내려간다. 로바닥으로 내려가던 전극은 장입물이 점차적으로 녹아 로바닥에 고이는 쇠물수준이 높아짐에 따라 다시 우로 올라가게 된다.

용융기는 총 제강시간의 50~60%, 총 전력소비량의 60~70%를 차지한다.

그러므로 용융기에는 장입물을 빨리 녹이는것이 중요하다.

용융시간을 줄이기 위하여 산소를 취입한다.

용융기의 산소취입은 장입물이 약 70%정도 녹은 다음에 시작한다.

산소를 취입하면 철, 망간, 규소, 탄소 등의 원소들이 산화되는데 이때 생기는 산화열에 의하여 장입물이 빨리 녹는다.

용융기에 산소를 취입하면 규소와 망간은 거의 산화되며 린은 40~50%, 탄소는 50%정도 산화된다.

이때 용융기시간은 30min이상 줄어든다.

-산화기

산화기는 탄소와 린을 산화시켜 제거하고 가스와 비금속개재물이 떠오르게 하며 환원기에 필요한 쇠물의 온도 즉 출강할수 있는 온도까지 올리는 기간이다.

산화기는 파철이 다 녹아 첫 분석시료를 분석실에 보낸 때부터이다.

산화기에는 쇠물에 산화제로서 기체산소를 취입하거나 쇠돌(Fe_2O_3이 주성분)을 넣는다.

산소를 취입하거나 쇠돌을 넣으면 쇠물속의 탄소가 맹렬히 산화되는데 이때 발생되는 CO기포는 쇠물우로 떠오르면서 쇠물을 끓게 하며 쇠물에 분산되여있던 고체상태의 비금속개재물알갱이들과 H_2, N_2 등을 흡수하므로 결과 쇠물이 깨끗해진다.

쇠물이 요구하는 강종의 조성에 이르고 온도가 높아지면 다음공정으로 이행한다.

-슬라크제거

슬라크제거는 산화기에 쇠물로부터 슬라크에로 떠오른 산화물(P_2O_5, FeO, MnO, SiO_2 기타)들을 끌어내는 작업공정이다.

이때 송전을 중지하고 전극을 들어올린 다음 슬라크끌어내기작업을 진행한다.

-환원기

환원기작업은 산화기에 쇠물속에 포화된 산소와 류황을 빼내며 쇠

물의 화학조성과 출강온도를 최종적으로 맞추기 위하여 진행한다.

환원기는 산화기슬라크를 완전히 끌어낸 다음 쇠물에 망간철, 규소철, 알루미니움을 첨가하여 예비탈산(침전탈산)을 한 다음 슬라크형성제(생석회, 형석)를 쇠물량의 3~4%정도 넣고 송전을 시작한 때부터이다.

슬라크형성제가 녹아 쇠물을 덮은 다음 그우에 무연탄 또는 콕스와 규소철가루를 혼합하여 넣든가 또는 규소칼시움가루 등을 뿌려주면서 슬라크를 탈산한다.(이것을 확산탈산이라고 한다.)

슬라크탈산결과 슬라크속의 FeO함유량이 0.5%까지 낮아지는데 이때 슬라크를 통한 쇠물의 탈산과 탈류가 진행된다.

환원기에 일정한 시간간격으로 분석시료를 떠서 분석한다.

분석에 기초하여 쇠물에 합금철들을 넣으면서 제품강조성을 맞춘다.

쇠물의 조성과 온도가 요구되는 값에 이르면 규소철이나 알루미니움으로 최종탈산을 한 다음 출강한다.

필요에 따라서 출강할 때 최종탈산과 합금화를 남비에서 할수 있다.

전기로공정을 다시 보면 다음과 같다.

열간보수-장입기-용해기-산화기-슬라크제거기-환원기-출강-주입(겁조괴 또는 련속조괴)

무산화용해공정

무산화용해란 말그대로 산화기가 없이 합금강을 생산하는 방법이다.

이 방법의 목적은 합금회수강속에 들어있는 합금원소들을 최대한 그대로 리용하자는데 있다.

-장입물의 장입과 용융기

무산화용해에서의 기본장입재료는 합금회수강이다.

무산화용해에서는 장입재료의 준비를 잘하여야 하는데 요구조건은 다음과 같다.

장입재료속에 있는 탄소와 린, 수소와 질소를 뺄수 없으므로 이 원소들의 함유량은 제품강에서보다 더 낮아야 한다.

장입물속의 탄소함유량은 환원기에 가탄될것을 고려하여 제품강규격의 아래한계값보다 0.03~0.06% 더 낮아야 한다.

장입물속의 린함유량은 0.015~0.02%를 넘지 말아야 한다.

장입물속에서 합금원소들의 함유량은 주어진 제품강규격의 아래한계값에 가까와야 한다.

녹이 많은 장입재료와 수분함유량이 많은 재료들을 피하여야 하며

새로 배소한 생석회와 가열건조한 부원료를 써야 한다.

요구되는 쇠물조성을 얻기 위하여 크롬철 혹은 월프람철을 써야 할 경우에는 이 합금철들을 장입물과 함께 장입한다.

슬라크를 빨리 만들어주기 위하여 금속장입물량의 1~1.5% 되는 생석회를 장입물과 함께 장입한다.

기타 장입재료들의 장입과 용융기작업은 산화용해법과 같이 한다.

용융기에 일부 합금원소들이 대기속의 산소와 장입재료에 들어있는 산화물에 의하여 부분적으로 산화된다.

합금원소들의 산화물은 로안의 분위기, 장입물속의 산화물량, 장입물의 화학조성과 일부 다른 조건들에 관계된다.

용융기에는 산화물들을 슬라크화하기 위하여 생석회를 로에 조금씩 넣어준다. 장입물이 다 녹으면 분석시료를 뜨고 환원기로 넘어간다.

-환원기

환원기에는 산화용해와 같이 쇠물의 탈산, 탈류와 화학조성맞추기 및 출강온도를 보장한다.

용융슬라크를 로에서 빼지 않고 환원기작업을 하는것을 기본원칙으로 한다.

만일 마그네샤크링카가 바닥으로부터 떠올라와서 슬라크가 걸죽해졌을 때에는 탄소와 규소철가루를 넣어서 슬라크속의 합금원소들을 환원시킨 다음에 슬라크를 일부 혹은 완전히 끌어낸다.

다음에 생석회와 형석 또는 파샤모트벽돌을 넣어 새로운 슬라크를 만들어준 다음 환원기작업에 들어간다.

무산화용해법은 산화용해법에 비하여 로의 생산성이 20~30% 더 높고 전력소비는 약 30% 낮출수 있다.

(4) 현대전기로에서 강철생산

현대전기로들은 전기로용량의 대형화, 전기로의 초고전력화, 직류화방향으로 나가고있다. 여기에는 직류전기로, 쌍전기로, 수평파철예열식전기로, 수직파철예열식전기로, 기타 새형의 전기로(단아크전기로, 코나크전기로, 코멜트전기로, 아콘전기로 등)들이 속한다.

① 전기로용량의 대형화

전기로의 생산성은 로용량과 전기로의 전력공급수준에 의해 결정된다.

전기로의 전력공급수준이 일정한 조건에서 로용량이 커질수록 생산

성이 높아지고 전기에네르기와 전력소비가 적어진다.

360 t 이상급의 전기로들도 있지만 가장 합리적인 전기로용량은 60~120t범위로 보고있다.

② 전기로의 초고전력화

전기로의 생산성을 높이기 위해서는 변압기용량을 높여야 한다.

그 목적은 파철용해속도를 높이자는데 있다. 따라서 초고전력에 의한 전기로제강은 오늘 전기제강공업에서 추세로 되고있다.

우리 나라에서도 자체의 힘과 기술, 지혜로 짧은 기간안에 초고전력전기로를 건설하여 강철생산에서 커다란 성과를 거두고있다.

초고전력전기로란 전기로용량 1t당 전력공급수준이 700kVA/t이상인 전기로를 말한다.

초고전력전기로들은 에네르기절약형전기로라는 개념으로 불리워지고 있다.

초고전력전기로의 제강행정

초고전력전기로의 제강행정은 전력공급양식으로부터 보통전력전기로제강행정에 비하여 일련의 다른 점들이 있다. 즉

- 초고전력전기로는 매우 큰 용융능력을 가지고있다.

초고전력조업할 때 장입물의 용융속도는 보통전력조업보다 3~5배이상 빠르다.

- 초고전력조업할 때 산화정련능력이 본질적으로 개선된다.

초고전력조업할 때 전호구역에 매우 높은 온도를 가진 반응대가 형성되기때문에 탈탄반응이 더 잘 진행된다.

그러므로 초고전력전기로의 경우에 탈탄반응의 끓음효과가 매우 크다.

또한 초고전력전기로의 전호구역에서는 센 전기적힘의 작용으로 쇠물이 잘 교반된다.

이 교반운동은 반응물질들의 반응접촉면적을 훨씬 늘이며 원소들의 확산속도를 수십~수백배로 빠르게 한다.

초고전력전기로에서는 산소를 취입하는 경우 탈탄속도를 높일수 있으며 가스와 비금속개재물함유량이 낮은 강철을 쉽게 생산할수 있다.

초고전력전기로에서는 산화기에 탈류가 비교적 많이 된다.

조업경험에 의하면 용융기와 산화기의 탈류률이 30~40%에 이른다.

- 초고전력조업할 때 용융 및 산화정련능력은 매우 높지만 환원정

련능력은 보통전력조업의 경우와 큰 차이가 없다.

초고전력전기로제강행정의 이상과 같은 특징은 보통전력전기로와 같은 제강공정으로서는 자기 능력을 제대로 발휘할수 없게 한다.

때문에 초고전력전기로제강행정은 환원기 없는 공정체계로 한다.

초고전력전기로의 환원기 없는 공정체계는 남비정련공정과 결합되여 강철의 질과 생산성을 높이고있다.

초고전력전기로용해공정과 남비정련로공정의 결합이 없이는 초고전력전기로의 우월성을 다 발휘할수 없다.

아르곤전호가열에 의한 남비정련공정을 보면 다음과 같다.

이 정련방법은 남비에 설치한 3상전호가열장치와 아르곤가스를 취입하여 강한 환원성분위기를 보장하면서 염기도가 높은 슬라크로 정련하는 방법이다.

이 장치에 의하여 환원성슬라크를 쉽게 만들수 있으며 쇠물과 슬라크를 세게 저어주고 가스, 류황 및 비금속개재물이 잘 빠지며 쇠물온도와 쇠물조성이 고르로와진다.

또한 이 방법은 전기로의 환원기행정을 대신할수 있으며 많은 량의 합금철을 넣을수 있다.

초고전력전기로에서 용해하여 산화기행정을 거친 쇠물을 운반틀차에 올려놓은 정련남비에 출강한다. 이때 필요한 합금철을 넣는다.

출강할 때 산화기슬라크는 정련남비에 들어가지 않도록 하여야 한다. 쇠물을 담은 정련남비를 정련장으로 끌어내여 남비정련로뚜껑을 씌운다.

남비정련로천정은 물랭각식으로 되여있으며 그의 안벽면에는 열을 보호하기 위하여 내화재료(단열보호피막)를 바른다.

남비바닥에는 아르곤가스를 밑으로 취입하기 위한 다공질벽돌(구멍을 많이 뚫은 벽돌)이 설치되여있으며 쇠물을 뽑기 위한 미닫이식쇠물멈추개가 설치되여있다.

정련남비밑으로 아르곤을 취입하면서 천정으로 3상전극을 내리워 전류가 흐르(송전)게 한다.

이때 생석회와 형석을 넣어주면 새로운 슬라크가 만들어진다.

쇠물과 슬라크가 세게 저어지면서 정련이 진행된다.

남비정련장치에서 5min동안의 정련효과는 전기로에서 1h동안의 정련효과와 같다. 남비정련장치에서 쇠물을 30min동안 정련하면 모든

환원정련반응은 평형에 가까와진다.

정련시간은 남비정련로용량에 따라 보통 40~60min 진행한다.

정련작업이 끝나면 련속조괴하여 강편을 만든다.

현대적기술로 장비된 초고전력전기로에서 강철생산공정을 보면 초고전력전기로에서 용해, 산화→남비정련로에서 정련→련속조괴기에서 강편주입→압연기에서 각종 형강의 압연 등으로 구성되여있는데 이러한 공정을 4위일체화라고 한다.

다시말하여 한 건물안에서 네개의 공정, 설비가 설치되여 련속적으로 가동하면서 원료가 용해되고 최종제품까지 생산한다는것이다.

실례로 로용량이 100t인 초고전력전기로에서 용해시간은 65min, 남비정련시간은 60min정도 걸린다.

③ 직류전기로

직류전기로는 교류전원대신에 직류전원을 리용하여 강철을 생산하는 새 형의 전기용해설비이다.

직류전기로에는 직류제강전기로, 직류광석환원로, 직류남비정련로 등이 있다.

직류전기로에서 전력공급은 일반적으로 고전력 혹은 초고전력공급기술이다.

설비측면에서 볼 때 직류전기로는 초고전력전기로와 많은 점에서 공통점을 가진다.

직류전기로는 흑연전극이 한상으로 되여있으며 한상은 전기로바닥에 설치되여있다.

직류전기로용해공정은 초고전력교류전기로의 용해공정과 같다.

직류전기로의 기본원료는 초고전력교류전기로에서와 같이 파철과 환원철 등이다.

직류전기로의 우점은 다음과 같다.

-전력망에 미치는 충격이 작기때문에 단락용량이 비교적 작은 전력망에서도 그 운영이 가능하다.

-전극소비가 적다.

전극수가 적으므로 전극의 온도가 비교적 낮다.

-장입물의 용해시간이 짧고 전력소비가 적다.

-소음과 먼지량이 줄어들어 환경오염이 적다.

-내화재료소비량이 적어진다.

-금속실수률이 높다.

-로보수 및 운영이 편리하다.

(5) 유도로에서 강철용해

유도로에는 철심유도로와 무철심유도로가 있는데 제강에서는 무철심유도로를 많이 리용한다.

① 무철심유도로의 구조설비

무철심유도로의 설비로서는 로체, 고주파발생장치, 축전기이다.

로체의 구조는 그림 1-11과 같다.

로체는 다음과 같은 구성부분으로 되여있다.

-동관으로 된 1차권선(유도자)-동관은 물로 식히며 동관의 모양은 타원형 또는 직4각형으로 만든다.

-원통형 또는 직4각형의 틀

- 내화도가니

-전류와 랭각수를 보내는 관

-로의 경동장치(기울임장치)

로를 틀에 설치함으로써 전체 구조의 세기를 보장하며 출강할 때 경동을 쉽게 할수 있다.

그림 1-11. 무철심유도로로체의 구조
1-로틀, 2-밑판, 3-수랭식유도자, 4-절연물층, 5-내화도가니, 6-돌솜판, 7-출강수채, 8-웃테, 9-유연모선, 10-지지대

틀은 자기회로가 형성되지 않도록 하여야 한다.

도가니는 제강온도조건에서 기계적 및 화학적안정성이 커야 한다.

도가니벽은 될수록 얇아야 전력손실이 적어진다.

고주파발생장치는 공업주파수를 중주파 또는 고주파로 변환시키기 위하여 사용한다.

고주파발생은 흔히 전동기-발전기체계로 하며 최근에는 조종용정류소자(SCR)를 리용하는 고주파발생장치들이 출현하고있다.

유도로는 주파수에 따라 고주파(1만Hz이상), 중주파(500~10 000Hz), 저주파(500Hz이하)유도로로 나눈다.

제강에서는 중주파와 저주파유도로도 많이 리용한다.

유도로에서는 력률이 작기때문에 무효전력이 유효전력보다 10~12배 더 크다. 이러한 무효전력을 보상하기 위하여 축전기를 쓰게 된다.

축전기는 로와 병렬 또는 직렬로 련결한다.

② 유도로의 용해원리와 특성

유도로의 용해원리는 변압기의 원리를 리용한것이다.

유도로에서 1차권선의 역할은 유도자가 하며 2차권선의 역할은 도가니속의 금속장입물이 한다.

유도자에 고주파전류가 흐를 때 생기는 자력선이 도가니속의 금속장입물을 끊이면서 금속장입물에 유도전류가 흐르게 한다.

이 유도전류는 열에네르기로 바뀌면서 장입물을 가열하고 녹인다.

유도로용해의 특성은 다음과 같다.

-전극을 쓰지 않기때문에 탄소함유량이 낮은 강철을 얻을수 있다.

-전호가 없기때문에 대기로부터 쇠물에 들어가는 가스량이 적으므로 가스함유량이 낮은 강철을 얻을수 있다.

-쇠물교반이 세므로 쇠물의 온도와 화학조성이 균일하며 비금속개재물이 잘 떠오른다.

-합금원소의 산화률이 적으므로 고합금회수강을 효과적으로 리용할수 있다.

-용해과정의 온도조절이 쉽고 쇠물온도를 높일수 있으므로 녹음점이 높은 원소들을 함유한 고합금강을 얻을수 있다.

-로분위기를 진공 또는 중성분위기로 할수 있다.

슬라크온도가 쇠물온도보다 낮으므로 슬라크의 정련효과가 작으며 쇠물의 센 교반작용으로 로안붙임의 수명이 길지 못하다.

이런 특성으로 하여 합금원소함유량이 20%이상인 고합금강과 산소에 대한 결합력이 큰 합금원소들을 많이 함유한 일부 강종들은 전기로에서보다 유도로에서 생산하는것이 더 좋다.

③ 유도로의 용해행정

-장입

유도로용해는 도중분석이 없이 진행하는것을 원칙으로 하기때문에 장입물계산과 평량(저울질)을 정확히 하여 장입하여야 한다.

장입물의 장입은 장입밀도를 충분히 보장하는 원칙에서 하며 유도

자의 높이보다 낮게 장입하여야 한다.

-용융기

장입이 끝나면 인차 송전한다.

처음에는 낮은 전력을 공급하다가 점차적으로 투입전력을 높여서 장입물을 빨리 녹인다.

용융기에 개별적인 장입물덩어리들이 서로 녹아붙으면서 《금속다리》를 만들수 있다. 이런 경우에는 쇠막대기로 장입물을 눌러주어서 《금속다리》를 끊어주어야 한다. 장입물덩어리가 쇠물속에 다 잠기면 용제를 덮어준다.

-정련기

정련기에는 용융슬라크를 걷어내고 새로운 용제(생석회: 형석=8: 2)를 넣어준다.

가탄할 필요가 있는 경우에는 무연탄을 쇠물우에 넣은 다음 용제를 첨가한다. 슬라크탈산은 무연탄 또는 규소철가루로 한다.

마감탈산은 보통 알루미니움으로 한다.

공업적인 유도로에서 강철 1t당 전력소비는 600~700kW·h/t이다.

(6) 특수제강법에 의한 강철생산

특수제강에는 전기슬라크재용해, 진공용해(진공유도로용해, 진공전호용해), 전자속용해, 플라즈마용해 등이 속한다.

① 전기슬라크재용해

전기슬라크재용해법은 고질강(린과 류황함유량이 낮은 강철)생산방법의 하나로 급속히 발전하고있는데 수백t급까지의 강편을 생산하고있을뿐아니라 여러가지 형태를 가진 부분품들을 직접 만들어내고있다.

전기슬라크재용해의 일반적특성, 전기슬라크재용해행정의 원리는 그림과 같다.(그림 1-12)

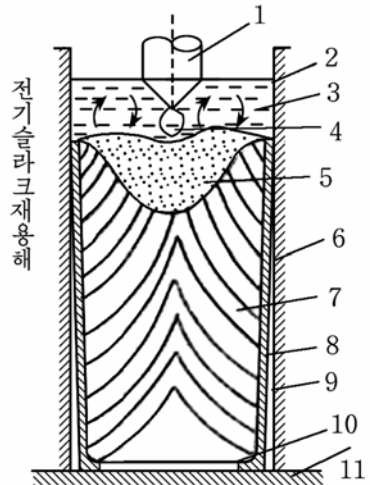



그림 1-12. 전기슬라크재용해행정의 원리

1-소모전극, 2-슬라크욕조, 3-슬라크속에서 대류흐름의 방향, 4-전극금속의 방울, 5-쇠물욕조, 6-슬라크껍질, 7-강덩이, 8-결정기, 9-공극, 10-밑쇠, 11-정반

처음에는 결정기 8안에 일정한 길이의 녹은 슬라크욕조 2를 만들어준다. 녹은 슬라크속에 전극 1이 잠기면 슬라크욕조에 전압이 걸리고 슬라크층을 통하여 전류가 흐르기 시작한다.

전류가 흐르면 그 구역의 슬라크층이 먼저 높은 온도로 가열되며 그다음에 슬라크욕조안에서 대류흐름이 일어나면서 슬라크욕조의 온도가 고르로와진다.

이 행정이 정상적으로 진행될 때 슬라크욕조의 온도는 1 750~1 900℃이다.

소재(금속)인 전극의 끌은 슬라크의 열에 의하여 가열되여 점차 녹아서 얇은 쇠물막을 이루며 전극끌 원추면을 따라 흘러내려 쇠물방울 4를 만든다.

쇠물방울이 일정한 크기에 이르면 떨어져 가열된 슬라크층을 통과하여 밑에 고이며 쇠물욕조를 만든다.

얇은 쇠물막과 쇠물방울, 쇠물욕조는 가열되고 정련능력이 큰 슬라크와 접촉하여 정련반응을 하면서 쇠물은 깨끗해진다.

쇠물욕조 5는 정반과 결정기쪽으로 열을 내보내면서 결정화되여 강덩이를 만든다. 강덩이에서는 결정이 밑으로부터 우로 성장하면서 점차 굳어지기때문에 치밀하고 고르로운 조직이 얻어진다.

전기슬라크재용해할 때에는 또한 옆벽에 두께가 1~3mm인 슬라크껍질이 생긴다. 이 껍질은 결정기로부터 강덩이를 열절연하고 강덩이의 겉면을 매끈하고 깨끗하게 한다.

전기슬라크재용해행정이 정상화되면 1h동안에 녹아내린 전극금속의 량과 1h동안에 굳어진 금속의 량이 같아지게 된다.

그리하여 행정이 련속적으로 진행된다.

전기슬라크재용해법의 우점은 다음과 같다.

-비금속개재물이 매우 적은 강철을 얻을수 있다.

-몰림(원소들이 한쪽으로 몰키는 현상)이 적고 치밀한 금속을 얻을수 있다.

-가공성 특히는 열간기계가공성이 훨씬 좋아진다.

-금속조직이 개선되며 기계적성질이 훨씬 좋아지는데 특히 인성과 가소성이 좋아진다.

-강덩이겉면이 깨끗하므로 겉면가공을 하지 않아도 쓸수 있다.

-전기슬라크재용해법은 조작이 간단하고 운영상 신뢰성이 높으며 행정이 안정하다.

-설비가 간단하며 값비싼 진공설비나 직류전원이 필요없고 공업적 주파수를 가지는 교류를 쓸수 있다.

-질적측면에서 진공호광로에서 용해한 금속의 질에 떨어지지 않는다.

② 진공유도로용해

진공유도로에서는 주로 내열내산불수강, 철과 내열재료, 전자관재료, 자석재료, 순철, 코발트합금, 철니켈 등 금속 및 합금을 용해한다.(그림 1-13)

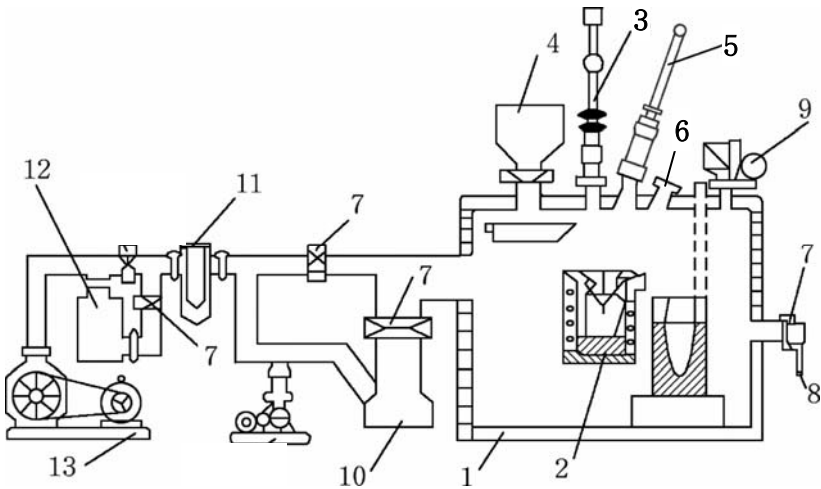



그림 1-13. 진공유도로

1-진공실, 2-유도자와 도가니, 3-온도측정장치, 4-진공장입기, 5-시료채취기구, 6-시창, 7-발브, 8-공기 및 불활성기체취입기, 9-압력계, 10-승압식 또는 고진공확산뽐프, 11-증기응축기, 12-먼지려과기, 13-예비진공뽐프

진공속에서 용해할 때는 대기속에서 용해할 때와 달리 탄소의 산화속도와 가스방출속도가 빠르므로 쇠물이 몹시 끓는다.

또한 진공용해에서는 합금원소들이 증발되거나 도가니가 침식되는 등 일련의 현상이 나타난다. 그러므로 이러한 현상을 고려하여 용해목

적에 알맞는 공정을 세워야 한다.

진공유도로의 용해공정은 장입, 용융, 유지, 합금제 또는 탈산제의 첨가 및 주입으로 나눈다. 주입은 진공에서 하든가 6 650~13 300Pa 압력의 불활성기체속에서 할수 있다.

진공유도로에서 강철을 용해하면 수소, 질소, 산소 등 가스와 비금속개재물 그리고 석, 아연, 연, 동 및 기타 유해원소들이 적어지기때문에 강철의 기계적 및 물리화학적성질이 좋아진다. 즉 강철의 세기가 높아지고 가소성, 내부식성, 전기공학적성질 및 내마모성이 좋아진다.

③ 진공전호용해

진공전호로의 작업원리는 진공이나 희박한 보호분위기속에서 일어나는 전호방전을 통하여 전기에네르기를 열에네르기로 전환시키는데 기초하고있다.

소모전극식전호로용해는 전기슬라크재용해로와 본질적인 차이가 없다. 다만 전기슬라크재용해로에서처럼 슬라크를 쓰지 않고 진공조건에서 작업하는것이 다를뿐이다.

따라서 그들사이의 기술공정에서는 공통성이 많다.

전기슬라크재용해로에서는 안정한 전호로 일할수 있으나 진공전호로에서는 전호가 안정하지 못하다.

따라서 진공전호로에서 전력공급양식은 녹이는 금속의 질을 결정하는 중요한 인자로 된다.

진공전호로에서는 전기슬라크재용해로와 같이 녹이려는 조성의 강철(또는 금속 및 합금)을 소재로 하여 다시 녹인다.

진공전호로에서는 철 및 니켈기지의 내열합금들과 볼베아링강, 불수강, 공구용강, 구조용강들 그리고 난용성금속과 화학적활성이 큰 금속들과 그것을 기지로 하는 합금들을 재용해하여 그 질을 높인다.

진공전호용해는 다음과 같은 문제를 해결할수 있다.

-금속과 대기의 호상작용을 없앤다.

-금속의 탈가스가 잘된다.

-용융금속과 도가니 및 다른 재료들(례를 들면 전극)과의 작용을 없앤다.

-열원으로서 전호를 쓰기때문에 열에네르기를 어느 정도 집중시킬수 있다.

그러나 진공전호로에서는 음극(전극)과 양극(강괴)사이의 열용

량분포를 마음대로 조절할수 없기때문에 금속을 용융점보다 훨씬 높게 가열할수 없다. 이것은 진공전호로가 정련로로서의 역할을 할수 없게 하는 중요한 결함이다.

공업적인 진공전호로의 구조는 그림 1-14와 같다.

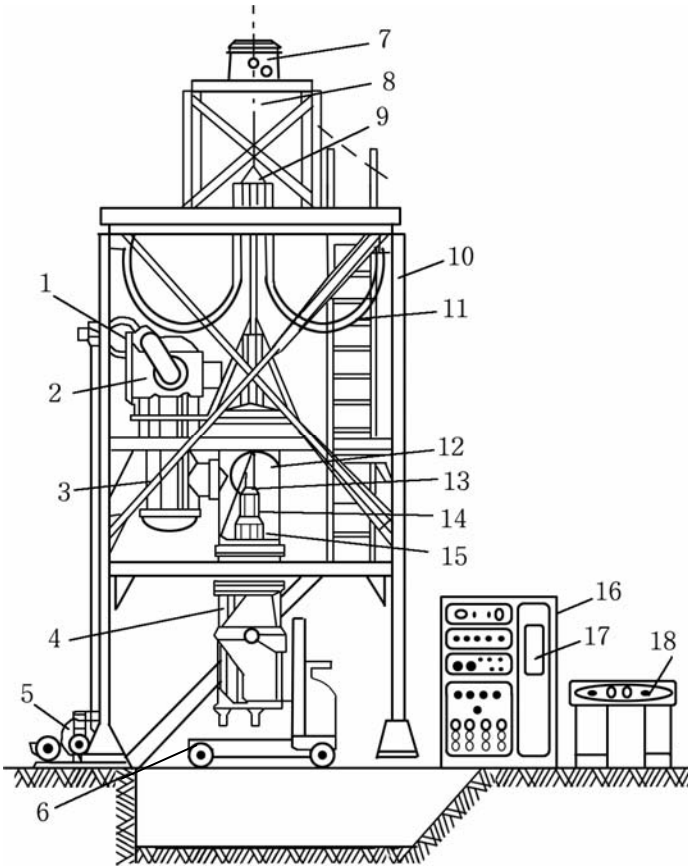



그림 1-14. 공업적인 진공전호로의 구조

1-배기관, 2-확산뽐프, 3-먼지려과기, 4-결정기, 5-예비진공뽐프, 6-대차, 7-공급기구, 8-사슬, 9-단자, 10-도전관, 11-바킹통, 12-용해실, 13-승강대와의 련결부, 14-전극련결용티탄봉, 15-소모전극, 16-배전반, 17-자동기록기, 18-조종반

④ 전자속용해

전자속용해에서는 금속의 전자가열 및 용해는 빠른 속도로 운동하는 자유전자들이 갑자기 멎을 때(즉 가열되는 금속과 충돌할 때) 내는

에네르기를 리용하는데 기초하고있다.

전자용해장치의 음극에서 방출되는 전자들이 음극과 양극사이의 전기마당속에서 가속되여 가열하는 대상의 겉면과 충돌하면 이 전자들의 운동에네르기가 열에네르기로 넘어간다.

전자속용해로는 기본적으로 용해실, 전자총, 전자총실, 결정기, 배기계 및 전원들로 이루어졌다.

전자속용해로의 일반적구조는 그림 1-15와 같다.

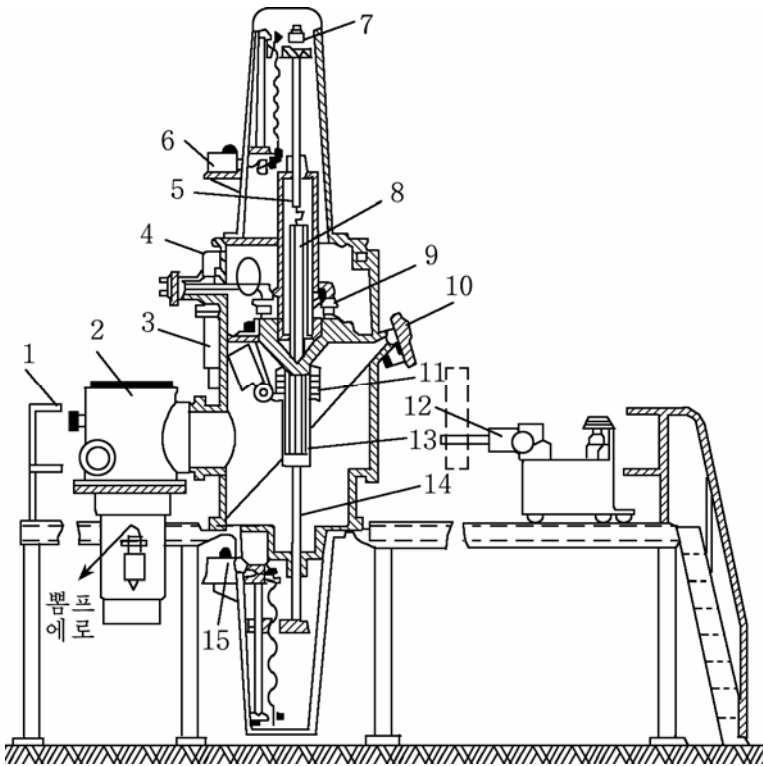



그림 1-15. 전자속용해로의 일반적구조

1-작업장, 2,3-진공뽐프, 4-작업칸, 5-소재공급지구, 6-소재공급전동장치, 7-소재의 회전기구, 8-소모식소재, 9-반경방향의 전자총, 10-시창구, 11-결정기, 12-제품강덩이를 꺼내기 위한 인출기, 13-강덩이, 14-강덩이당김기구의 막대기, 15-당김기구의 전동장치

전자속용해로의 우점은 다음과 같다.

-전자속용해로에서는 금속을 가열하고 녹이는 에네르기원천이 야금행정이 진행되는 구역밖에 있다.

그러므로 열에네르기를 마음대로 조절할수 있기때문에 용해조건의 제약을 받지 않는다.

-에네르기를 엄격히 제한된 넓이(0.01~1mm^2)에 집중적으로 보낼수 있다.

따라서 가열을 마음대로 조절할수 있고 높은 온도에서 정련할수 있다.

-전자속용해로에서는 녹은 금속을 액체상태에서 오랜 시간동안 정련할수 있다.

전자속로용해를 진행하면 비금속개재물함유량이 낮아진다.

또한 월프람, 탄탈, 니오비움을 녹일 때 섞임물(산소, 탄소, 질소, 수소)의 함유량이 가장 적으며 물리적 및 기계적성질이 좋아진다.

그리고 강덩이의 세로방향과 가로방향의 차이가 없어진다.

자석강을 용해할 때 순도를 높일수 있고 전기적성질을 개선할수 있다.

이상과 같이 전자속용해로는 금속을 정련할수 있는 모든 조건과 수단들을 다 갖춘 좋은 정련로이다.

그러나 일정한 결함도 있다. 진공실의 압력을 고진공상태로 보장하여야 하며 20kV이상의 직류전원이 있어야 한다.

또한 가속된 전자속이 금속에 흡수될 때 부분적으로 X선이 복사되기때문에 특별한 대책이 있어야 한다.

⑤ 플라즈마용해

일반적으로 플라즈마란 이온화된 기체를 말한다.

플라즈마는 기체로부터 얻는데 그 방법은 주로 세가지로 나누어볼수 있다.

첫째로, 가열에 의한 이온화(열이온화)

둘째로, 복사에 의한 이온화

셋째로, 전기방전에 의한 이온화이다.

이 방법들가운데서 전기방전에 의하여 플라즈마를 얻는것이 가장 쉽다.

전기방전에 의한 가스의 이온화는 전자사태에 의하여 이루어진다.

전자사태가 일어나게 하기 위해서는 기체에 가해진 자기마당의 전자에네르기가 전자가 자유행로거리를 지나가는 동안 원자로부터 전자 1개이상을 떼여낼수 있으리만큼 매우 커야 한다.

이와 같이 큰 전기마당을 가해주면 기체속에 있는 몇개의 전자들은 기체원자와 충돌하여 새로운 전자들이 생기게 하며 그 수는 기하급수적으로 많아진다. 이러한 기구에 의하여 기체가 이온화되고 플라즈마가 생긴다.

플라즈마전호로의 원리는 저온플라즈마를 발생시켜 전기에네르기를 열에네르기로 전환시키는데 있다.

플라즈마전호로는 보통전호로를 더 발전시킨것으로 볼수 있다.

플라즈마전호로의 구조는 그림 1-16과 같다.

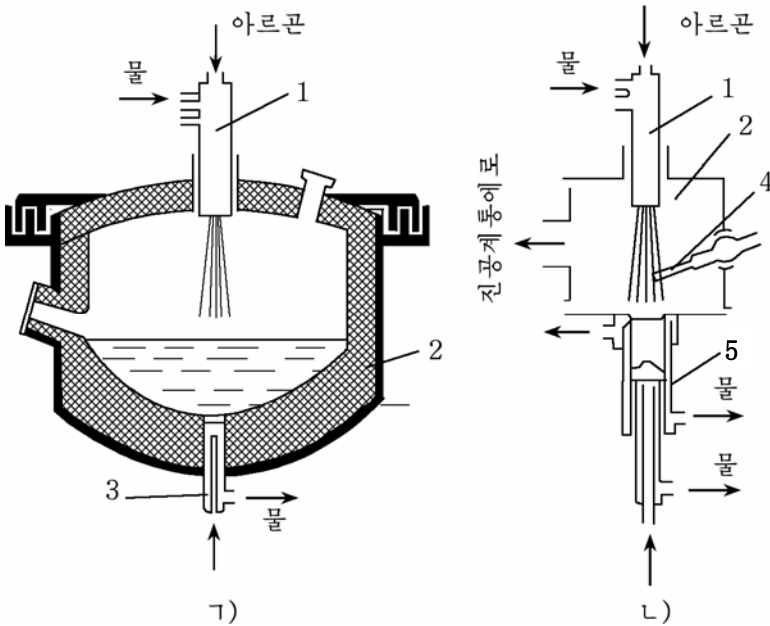



그림 1-16. 플라즈마전호로의 구조

ㄱ- 도가니에서 녹이기 위한것,

ㄴ- 결정기에서 다시 녹이는 플라즈마로

1-플라즈마발생기, 2-로공간, 3-바닥의 전극, 4-다시 녹이는 소재, 5-결정기

플라즈마전호로가 보통전기로와 다른것은 다만 흑연전극대신 전호플라즈마발생기를 설치한것이다.

플라즈마전호로에서 용해할 때 플라즈마발생기에 흐르는 전류는 조성과 량 및 전호의 길이에 따라 30V로부터 150V까지 변화된다.

로의 출력을 높이기 위하여 한개의 로에 여러개의 플라즈마발생기를 설치하기도 한다.

플라즈마전호로는 다음과 같은 우점을 가지고있다.

-보통전호로에서와 같이 전극속의 탄소와 로분위기속의 질소 및 수소에 의하여 생기는 유해혼입물로 금속의 질이 떨어지는 현상이 없어진다.

-플라즈마흐름줄기는 임의의 필요한 기체혼합물로써 얻을수 있다.

-중성분위기의 플라즈마전호로에서 쇠물의 탈가스조건은 값이 더 비싼 배기계통으로 된 진공로에서의 탈가스조건에 가깝다.

-쇠물욕의 분위기가 대기압조건이므로 합금의 기본성분들이 적게 증발된다.

-플라즈마발생기에 의하여 쇠물의 온도를 높일수 있고 그를 쉽게 조절할수 있으므로 행정이 안정하다.

-플라즈마전호로는 출력을 높일수 있는 가능성이 크고 플라즈마의 효률이 높기때문에 공업적으로 널리 쓸수 있다.

그러나 플라즈마노즐의 구조가 복잡하고 또 노즐이 손상될 때 물이 로안에 들어갈수 있으며 랭각수에 의한 열손실도 큰 결함이 있다.

4. 강철의 로외정련

기술의 끊임없는 발전은 강철의 질에 대한 더 높은 요구를 제기하고 있다.

강철의 질적수준은 그속에 포함되여있는 유해혼입물들과 비금속개재물 그리고 가스함유량에 의해 결정된다.

쇠물의 로외정련은 제강로에서 용해한 쇠물을 로밖에서 정련하여 강철의 질을 높이는 제강행정의 마감조작이다.

널리 적용되고있는 로외정련방법들로서는 합성슬라크에 의한 정련, 남비정련로에서의 정련, 불활성가스취입에 의한 정련 그리고 쇠물의 로외진공정련 등이다.

① 합성슬라크에 의한 쇠물의 정련

합성슬라크에 의한 쇠물의 정련은 합성슬라크(염기성이며 환원성슬라크)를 담은 남비에 쇠물을 출강함으로써 탈산 및 탈류효과를 높이고 비금속개재물빼기를 잘하여 강질을 높이는 방법이다.

남비에서 합성슬라크로 쇠물을 정련할 때 쇠물-슬라크의 접촉면적은 전기로안에서보다 10^4~10^5배나 더 크므로 몇min동안 탈산, 탈류가

진행된다.

합성슬라크는 조성이 CaO-Al_2O_3계와 CaO-SiO_2-Al_2O_3계인 슬라크를 쓴다.

최근에는 알카리성산화물 K_2O, Na_2O들도 리용되고있다.

합성슬라크는 미리 슬라크용해로에서 녹여 액체상태로 쓰거나 고체분말형태로 리용하며 환원기슬라크로도 쓸수 있다.

② 불활성가스취입에 의한 쇠물의 정련

이 방법은 쇠물을 담은 남비에 취입관을 통하여 불활성가스(기본은 아르곤가스)와 탈산 및 탈류제분말을 취입하여 류황과 산소, 가스와 비금속개재물들이 적은 질좋은 강철을 생산하는 방법이다.

쇠물속에 아르곤가스를 불어넣으면 쇠물속에 용해되여있던 가스들이 아르곤기포겉면에로 확산되여 흡착 및 침투되며 원자상태로부터 분자상태로 되면서 아르곤기포와 함께 쇠물로부터 빠져나가게 된다.

이때 쇠물의 교반이 진행되면서 쇠물의 온도와 조성이 고르롭게 되며 쇠물속에 떠있던 미세한 비금속개재물들이 빨리 떠올라와 제거된다.

불활성가스와 함께 탈산제와 탈류제분말을 동시에 취입하여 탈산과 탈류를 진행한다.

남비속의 쇠물에 불활성가스를 취입하는 방법에는 남비우로부터 취입하는 방법과 남비바닥으로부터 취입하는 방법 등 두가지가 있다.

우로부터 취입하는 방법에서는 샤모트내화벽돌로 겉면을 씌운 가스취입관을 쇠물속에 박고 아르곤가스를 취입한다.

가스취입관의 끝에는 모세관구멍(Φ =0.5~1mm)들이 뚫어져있는 마개를 설치하며 바닥으로부터 취입하는 방법에서는 남비바닥에 내화벽돌로 만든 다공질마개(구멍직경 0.2~0.5mm)를 1~3개 설치하고 그것을 통하여 아르곤가스를 취입한다.

③ 남비정련로에서의 쇠물의 정련

이 방법은 전기로에서 산화기까지 거친 쇠물을 받아 정련함으로써 전기로의 생산성을 높이고 강질을 높이는 정련방법이다.

남비정련로의 정련방식에는 두가지가 있다.

즉 쇠물의 탈류와 전기로의 생산성제고를 기본목적으로 하는 대기압조건에서의 정련법과 특수한 사명을 가진 고질강생산을 목적으로 정련과 진공탈가스를 겸하는 방법이다.

제강로에서 남비에 쇠물을 출강한 다음 슬라크제거장에서 슬라크를 제거하고 거기에 탈산제와 슬라크형성제를 넣는다.

전호가열하면서 고염기성이며 환원성인 슬라크를 만들고 불활성가스를 취입하면서 필요한 온도에 이르면 합금철을 넣고 주입한다.

쇠물을 진공처리하는 경우에는 쇠물의 탈산과 전호가열, 진공탈가스, 고염기성이며 환원성슬라크형성, 합금제첨가 및 주입순서로 작업한다.

대기압조건에서의 정련은 그림 1-17과 같이 진행된다.

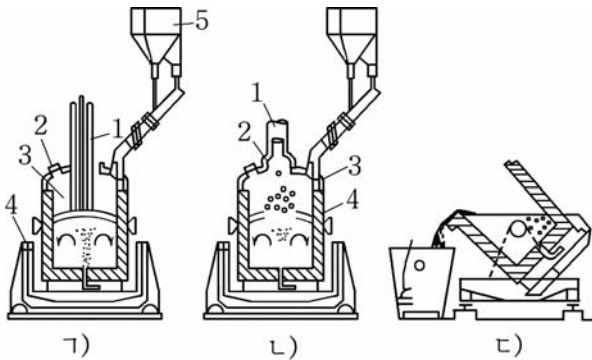



그림 1-17. 남비정련로의 구조와 정련공정

ㄱ-가스 및 슬라크정련; 1-전극, 2-감시구멍, 3-슬라크, 4-남비대차, 5-합금철저장통,
ㄴ-진공가스빼기; 1-배기관, 2-작은 천정, 3-큰 천정, 4-남비정련로, ㄷ-남비를 기울여 슬라크제거

④ 쇠물의 로외진공정련(그림 1-18)

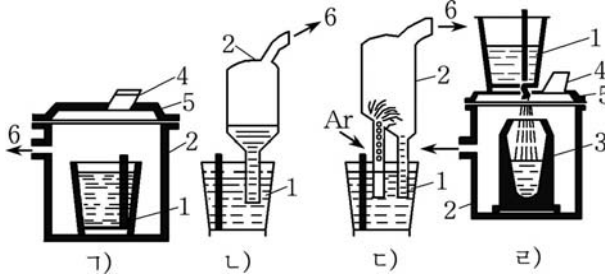



그림 1-18. 쇠물의 로외진공정련

ㄱ-남비에서 진공정련, ㄴ-빨아올림식진공정련,
ㄷ-순환식진공정련, ㄹ-쇠물흐름줄기의 진공정련;
1-남비, 2-진공실, 3-강괴겁, 4-감시구멍, 5-뚜껑, 6-진공뽐프

쇠물의 로외진공정련은 쇠물을 진공속에 있게 함으로써 쇠물속의 산소와 수소, 질소함유량을 낮추는 방법이다.

쇠물을 진공정련하면 쇠물속의 가스와 비금속개재물함유량이 낮아지므로 강질이 좋아진다.

쇠물의 로외진공정련방법에는 남비에서 쇠물의 진공정련, 쇠물흐름줄기의 진공정련, 빨아올림식 및 순환식쇠물의 진공정련 등이 있다.

5. 강철의 조괴

제강로에서 용해하고 로외정련한 쇠물을 강괴 또는 강편으로 만드는 과정을 조괴라고 한다.

강철의 조괴에는 강괴겁조괴와 련속조괴 두가지 방법이 있다.

① 강괴겁조괴

강괴겁조괴설비에는 쇠물남비, 정반, 강괴겁, 주입관, 덧물겁 등이 속한다.

쇠물남비는 우가 넓은 원추형이며 안은 샤모트벽돌로 안붙임한다.

남비안의 쇠물은 남비바닥에 있는 노즐을 통하여 주입된다.

노즐은 멈추개 또는 미닫이기구로 막거나 연다.(그림 1-19)

그림 1-19. 미닫이식노즐

1-남비바닥안붙임, 2-웃노즐, 3-웃미끄럼판, 4-아래노즐, 5-아래미끄럼판, 6-고정기구, 7-구동기구, 8-유압실린더, 9-남비벽안붙임

강괴겁은 얻으려는 강괴와 같은 안모양을 가진 속이 빈 수직형금속주형이다.

강괴겁의 기초자름면의 형태는 원형, 바른4각형, 4각형, 물결형 등이 있다. 또한 세로자름면의 형태에 따라 상부확대형과 하부확대형으로 나눈다.

강괴겁은 보통 주철로 만든다.

상부확대형이란 웃쪽으로 넓어진 강괴겁을 말한다.

하부확대형이란 아래쪽으로 넓어진 강괴겁을 말한다.

정반은 강괴겁을 설치하는 주철판이다.

쇠물을 강괴겁에 주입하는 방법에는 상주법과 하주법이 있다.(그림 1-20)

보통 큰 강괴를 주입할 때는 강괴겁의 우로 쇠물이 들어가게 하는 상주법을 쓰며 작은 강괴를 주입할 때에는 강괴겁밑으로부터 쇠물이 강괴겁에 들어가게 하는 하주법을 리용한다.

그림 1-20. 강괴겁조괴방법

ㄱ-상주법; 1-쇠물남비, 2-강괴겁, 3-정반
ㄴ-하주법; 1-쇠물남비, 2-중심주입관, 3-덧물겁, 4-강괴겁, 5-정반, 6-쇠물흐름길

하주법에서는 중심주입관을 통하여 정반우에 설치된 여러개의 강괴겁에 동시에 쇠물을 주입한다.

한 정반우에 설치된 강괴겁에 쇠물이 다 차면 다음 정반으로 쇠물남비를 옮겨 조괴작업을 계속한다.

② 련속조괴

강철의 련속조괴는 물로 랭각하는 결정기에 쇠물을 련속적으로 주입하면서 결정기밑으로 일정한 크기의 강편을 련속적으로 얻어내는 방법이다.

련속조괴설비종류에는 수직식, 수직구부림식, 원호식, 수평식이 있다.(그림 1-21)

그림 1-21. 련속조괴설비들의 형태

ㄱ-수직식, ㄴ-수직구부림식, ㄷ-원호식; 1-쇠물남비, 2-중간남비, 3-결정기, 4-2차랭각대, 5-인출로라, 6-가스절단기, 7-전복기, 8-강편, 9-인출을 겸한 고정로라, 10-이동식구부림로라, 11-고정로라

련속조괴설비들의 작업원리는 본질적으로 같다. 즉 쇠물은 중간남비를 통하여 물랭각식결정기에 주입된다.

쇠물은 바닥에 이동할수 있게 되여있는 결정기와 2차랭각대를 거치는 과정에 굳어지며 다음에 가스절단기에서 일정한 길이의 강편으로 절단된다.

수직식련속조괴설비는 제일 처음 나온 설비로서 쇠물의 주입으로부터 강편의 절단에 이르기까지의 생산공정이 우로부터 밑으로 수직선상에서 진행되는것이 특징이다.

수직구부림식련속조괴설비는 수직식과 달리 인출로라아래에서 강편을 고정로라에 의지하고 이동식구부림대에 의하여 점차 90°로 구부러지게 된다.

다음 강편을 인출을 겸한 고정로라를 통하여 수평으로 내보낸다.

원호식련속조괴설비는 쇠물이 결정화되기 시작한 때부터 완전히 굳어질때까지 강편을 점차 구부려 수평선방향으로 제품을 생산할수 있게 되였다.

수평식련속조괴설비는 최근에 개발된 련속조괴기로서 결정기가 중간남비옆에 직접 붙어있으며 결정기를 진동시키지 않고 강편을 주기적으로 당기게 되여있다.(그림 1-22)

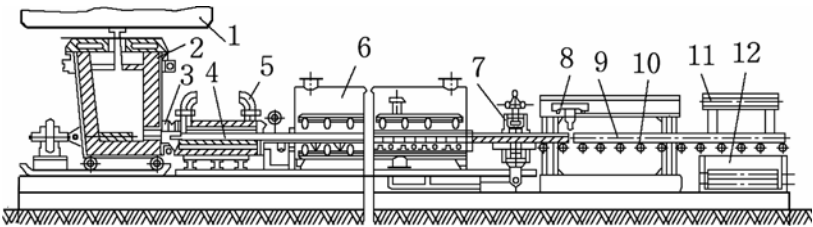



그림 1-22. 수평식련속조괴기의 구조

1-쇠물남비, 2-중간남비, 3-가스버너가 달린 노즐, 4-강편, 5-결정기, 6-2차식힘대, 7-강편당김기구, 8-강편절단기, 9-자른 강편, 10-운반롤강구, 11-강편뒤집개, 12-틀

참고자료

불활성기체에는 어떤것들이 있는가

불활성기체는 활성이 없거나 매우 작은 기체를 말하는데 쇠물에 아무런 영향을 주지 않는다. 쇠물에 취입하는 불활성기체는 기본이 아르곤(Ar)이다.

불활성기체에는 네온(Ne), 헬리움(He) 등이 속하며 최근에는 질소(N)도 쇠물에 취입하고있다.

산화기에 산소를 쓸 때와 광석을 쓸 때 어떤 차이점이 있는가

산화기에 산소를 취입하면 탄소 0.01% 산화시킬 때 쇠물의 온도는 1.7℃ 올라가며 광석을 넣으면 쇠물의 온도가 2.2℃ 낮아지게 된다.

따라서 광석을 쓰면 제강시간이 길어지면서 전력소비량이 많아지게 된다.

수평식련속조괴기도 다른 형식들과 마찬가지로 중간남비, 결정기, 2

차랭각장치, 강편인출장치, 강편절단장치 및 강편후처리장치로 되여있다.

련속조괴설비는 한줄식 또는 여러줄식이 있는데 기술이 발전하고 콤퓨터조종체계가 완성되여 현재는 여러줄식으로 발전하고있다.

련습문제

1. 회전로의 구조와 주체철생산방법에 대하여 말하여라.
2. 전기로의 구조와 강철생산방법에 대하여 말하여라.

제3절. 유색금속야금

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《유색금속은 공업분야에서 없어서는 안될 중요한 원료입니다.》

유색금속은 그것이 가지고있는 특수한 물리화학적성질로 하여 국방공업뿐아니라 전기, 기계, 화학, 전자 및 국방공업과 인민생활분야에서 매우 긴요하게 쓰이는 원료이다.

철만 가지고서는 기계는 물론 최첨단과학기술이 요구하는 요소나 장치, 설비들을 만들어낼수 없으며 특히 현대적비행기나 로케트, 인공지구위성 같은것은 생각조차 할수 없다.

그러므로 강철생산을 늘이는것과 함께 유색금속생산을 발전시키는것은 강성대국을 건설하는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

1. 동생산

동은 전기나 열을 잘 통과시키는 특수한 성질을 가진것으로 하여 국방공업뿐아니라 전기, 전자공업을 비롯하여 인민경제 여러 부문에서 매우 긴요하게 쓰이는 귀중한 금속이다.

그러므로 금속공업부문에서는 강성대국건설에서 절실히 요구되는 동을 더 많이 생산하기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 하며 한편으로는 동을 절약하기 위한 투쟁도 벌려야 한다.

동은 멘델레예브원소주기표 제11족에 들어있는 원자번호 29, 원자량이 63.546인 화학원소로서 순금속상태에서 유일하게 붉은색을 가지는 중금속이다. 동의 밀도는 8.96g/cm^3(20℃에서), 녹음점은 1 083℃, 끓음점은 2 310℃이다.

1) 동생산원료와 그의 처리법

(1) 동생산원료

동은 주로 류황, 산소, 비소, 철 등과 화합물형태로 있고 자연동(금속동)의 형태로도 약간 있다. 지금까지 알려진 동광물은 240여가지가 있으나 실제적으로 리용가치가 있는것은 그리 많지 않다.

대표적인 동광물로는 자연동(Cu), 황동광($CuFeS_2$), 휘동광(Cu_2S), 반동광(Cu_5FeS_4) 등이 있다.

동광물들이 모두 광석으로 되는것은 아니다.

광석이란 광물을 공업적으로 캐내였을 때 그 시기의 기술수준에서 거기에 들어있는 기본금속과 다른 쓸모있는 성분들을 뽑아내여 경제적으로 리득을 볼수 있는 최소한계이상의 품위를 가진것들이다.

우리 나라에서 캐내는 동광석에서 기본은 류화광인 황동광이고 약간의 반동광, 휘동광, 공작석, 적동광, 자연동, 규공작석이 있다.

캐낸 동광석은 일반적으로 품위가 0.36~5%정도로서 매우 낮으며 조성이 복잡하기때문에 그대로 제련공정에서 처리하지 못한다.

그러므로 화학조성이 단순하고 동품위가 높은것은 골라내여 덩어리상태(괴광)로 제련소에 보내고 동품위가 낮고 조성이 복잡한것은 보드랍게 가루내여 선광공정을 거쳐 동정광을 만들어 제련소에 보낸다.

동광석에는 동뿐아니라 금, 은, 류황, 니켈, 코발트, 셀렌 등 여러가지 유가성분들이 들어있으므로 동광석으로부터 동뿐아니라 이것들을 모조리 뽑아내기 위하여 동원료를 종합처리하는것이 중요하다.

동생산원료에는 동광석 또는 정광뿐아니라 동생산공정에서 나오는 페설물이나 쓰고난 동 또는 동합금제품(파동)도 있다.

동광석과 동정광을 1차동원료, 페설물이나 파동 등을 2차동원료라고 하며 거기로부터 생산된 동을 각각 1차동, 2차동이라고 한다.

(2) 동광석과 정광의 처리법

동광석이나 정광을 처리하여 동을 생산하는데 쓰이고있는 방법은 크게 건식야금법과 습식야금법으로 갈라볼수 있다.

건식법으로는 동품위가 높은 괴광(덩이광석)이나 류화정광을 처리하며 습식법으로는 품위가 낮은 산화광을 처리한다.

동의 건식야금법은 사용하는 설비에 따라 전기로법, 용광로법, 반

사로법 등으로 나누며 공정의 특성에 따라 현수식용련법, 회리식용련법, 산소제련법 등으로 나눈다.

동의 건식야금공정은 일반적으로 원료의 예비처리, 동류황쇠생산, 조동생산, 조동의 정제 등 4개 단계로 진행된다.

조동의 정제는 건식정련으로 끝낼수도 있고 건식정련에 이어 전해정련까지 거칠수도 있으며 경우에 따라 조동을 직접 전해정련하여 전기동(순동)을 생산할수도 있다.

어떠한 기술공정을 적용하는가 하는것은 처리하는 원료의 특성과 기술준비상태 및 부원료와 보조자재의 보장조건 등에 따라 합리적으로 설정하여야 한다.

우리 나라에서는 동정광과 괴광을 전기로에서 용련하여 동류황쇠를 얻고 전로공정을 거친 다음 조동을 직접 전해정련하여 전기동을 생산하는 방법으로 동을 생산한다.

그림 1-23에 일반적인 동의 건식야금기술공정도를 주었다.

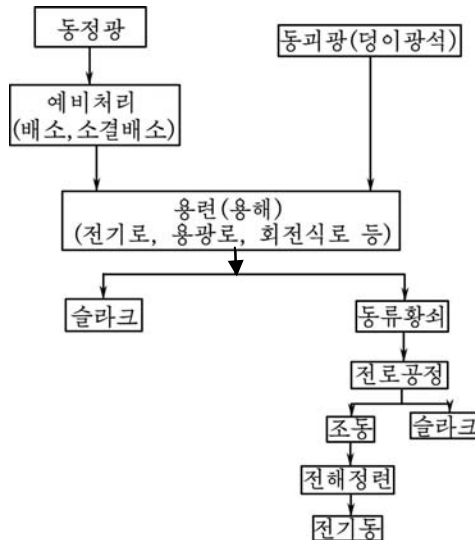



그림 1-23. 동의 건식야금기술공정도

유색금속야금에서는 용해대신에 용련이란 말을 쓰는데 이것은 광석이나 정광을 이러저러한 로에서 녹여 쇠물과 슬라크를 얻는것을 말한다.

동의 습식야금법의 기본원리는 동원료에 있는 동을 류산, 암모니아, 아류산염, 염화물 등의 수용액으로 침출하여 동의 수용액을 얻은 다음 치환석출법이나 전기분해법으로 금속동을 생산하는것이다.

2) 동정광의 배소

동정광은 용련(용해)공정에 들어가기 전에 용련공정을 쉽게 하기 위하여 많은 량의 수분과 류황함유량을 낮추고 아연, 연, 비소, 안티몬 같은 휘발성혼입물들을 날려버리기 위한 예비처리를 한다.

예비처리방법은 뒤따르는 용련공정의 특성에 따라 선택되는데 전기로용련을 할 때에는 배소만 하고 용광로용련을 할 때에는 소결배소를 하여야 한다.

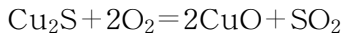
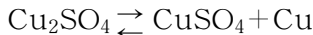
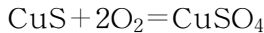
또한 정광속의 류황함유량이 낮고(24%이하) 수분함유량이 높을 때에는 배소하지 않고 건조만 한다.

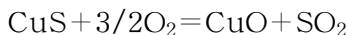
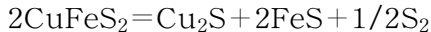
(1) 배소될 때 진행되는 화학반응

동정광에는 동의 류화물(Cu_2S, $CuFeS_2$), 철의 류화물(FeS_2), 아연, 연 및 은의 류화물(ZnS, PbS, Ag_2S)들이 들어있으며 이것들은 정광을 높은 온도에서 태울 때 자기의 점화온도이상에서 타면서 산화물과 아류산가스로 된다.

① 동류화물들의 반응

비교적 낮은 온도(100~330℃)에서는 다음과 같은 반응들이 진행된다.

$$CuS + 2O_2 = CuSO_4$$
$$Cu_2SO_4 \rightleftarrows CuSO_4 + Cu$$
$$Cu_2S + 2O_2 = 2CuO + SO_2$$

좀 더 높은 온도(350~800℃)에서는 고위류화물들이 직접 산화되거나 또는 분해단계를 거쳐 다음과 같이 산화된다.

$$2CuFeS_2 = Cu_2S + 2FeS + 1/2S_2$$
$$CuS + 3/2O_2 = CuO + SO_2$$

황동광($CuFeS_2$)은 분해가 불충분하게 진행되므로 약 50%는 변화되지 않은채로 소광(배소된 광석이나 정광)에 남는다.

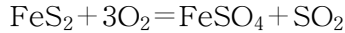
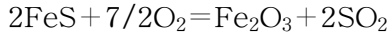
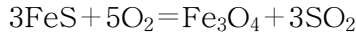
이리하여 배소가 끝난 소광에서 동은 분해된 안정한 상태의 류화물형태(Cu_2S)로 있거나 일부는 CuO, $CuSO_4$형태로 있게 된다.

② 철류화물의 반응

황철광(FeS_2)형태로 존재하던 철류화물은 배소될 때 류화철(FeS)로 되는 분해과정을 거치거나 또는 직접 산화된다. 즉

$$FeS_2=FeS+1/2S_2$$
$$FeS_2+3O_2=FeSO_4+SO_2$$

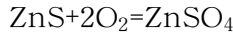
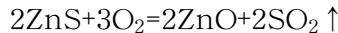
류화철은 다시 다음과 같이 산화된다.

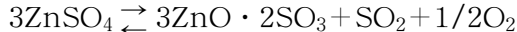
$$3FeS+5O_2=Fe_3O_4+3SO_2$$
$$2FeS+7/2O_2=Fe_2O_3+2SO_2$$

이리하여 배소된 소광속에 철은 Fe_2O_3, Fe_3O_4형태로 있으며 부분적으로 $Fe_2(SO_4)_3$의 형태로 존재하게 된다.

③ 류화아연의 반응

광석중에 아연은 섬아연광(ZnS)형태로 들어있다.

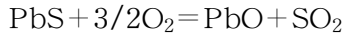
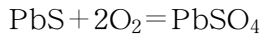
류화아연은 배소될 때 산화아연과 류산아연형태로 넘어간다.

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2\uparrow$$
$$ZnS+2O_2=ZnSO_4$$

류산아연은 다음 반응에 따라 염기성류산아연으로 된다.

$$3ZnSO_4 \rightleftarrows 3ZnO\cdot 2SO_3+SO_2+1/2O_2$$

이리하여 소광속에 아연은 ZnO, $ZnSO_4$, $3ZnO\cdot 2SO_3$형태로 있게 된다.

④ 류화연의 반응

배소될 때 류화연도 산화연과 류산연으로 된다. 즉

$$PbS+2O_2=PbSO_4$$
$$PbS+3/2O_2=PbO+SO_2$$

그러므로 소광에는 연이 PbO, $PbSO_4$ 형태로 있게 된다.

(2) 배소방법

동정광의 배소작업은 류화물의 점화온도(보통 580~850℃)이상에서 진행되는데 900℃를 넘지 말아야 한다.

만일 배소온도를 900℃이상으로 높이면 일부 물질들이 녹아서 엉켜붙는 현상이 일어나 배소가 잘되지 않는다.

동정광의 산화배소를 위하여 여러단식배소로, 현수식배소로, 끓음식배소로 등이 쓰인다.

이가운데서 끓음식배소로가 여러가지 좋은 점이 많으므로 우리나라에서는 끓음식배소로만을 쓰며 다른 나라에서도 이것을 많이 쓰고있다.

끓음식배소란 로바닥전면에 걸쳐 고르롭게 뚫려있는 작은 구멍의 바람주둥이들을 통하여 공기 또는 산소농화공기를 높은 속도로 불어올리면서 정광을 장입하여 정광알갱이들이 끓음상태에 놓이게 하고 정광중의 류화물들이 산화될 때 내는 반응열에 의한 높은 온도를 보장하면서 배소과정을 진행하는것을 말한다.

끓음상태가 이루어지는 원리를 그림 1-24에 보여주었다.

로바닥의 분말(작은 알갱이)물질층을 통하여 밑으로부터 공기를 불어넣을 때 공기의 속도가 빨라지면서 분말물질층의 걸밀도가 변한다. 공기의 속도가 빠르지 않을 때에는 알갱이들이 움직이지 않고 자기 위치에 있으면서 공기만 알갱이들의 틈을 통하여 올라간다. 이러한 상태를 려과상태라고 한다.

그림 1-24. 분말가루물질들의 끓음상태를 보여주는 략도

공기의 속도가 빨라져서 어떤 값에 이르면 알갱이들이 서로 떨어지기 시작하며 끓음상태에 놓이게 된다. 이때 끓음층은 액체와 비슷해져서 항상 수평면을 유지하려고 하며 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 저절로 흐르게 된다.

만일 공기의 흐름속도가 더 빨라지면 공기의 흐름방향으로 알갱이들이 날리우는 비산상태가 이루어진다.

끓음식배소로의 략도를 그림 1-25에 주었다.

끓음식배소로는 생산성이 높고 소광의 질이 좋으며 류출가스속에 있는 아류산가스(SO_3)의 농도가 높아서 류산생산에 쓰기 좋은 등 일련의 우월성을 가지고있다. 그러나 먼지가 많이 생기는것이 결함이다.

동정광을 처리하는 끓음식배소로는 보통 원통형인데 겉면은 강철판으로 무으며 그안에 내화벽돌을 안붙임한다.

로바닥은 내화성몰탈다짐을 하여 만드는데 로의 크기에 따라 여러개(로직경 5.5m인 경우 730개정도)의 바람주둥이를 만들어놓는다.

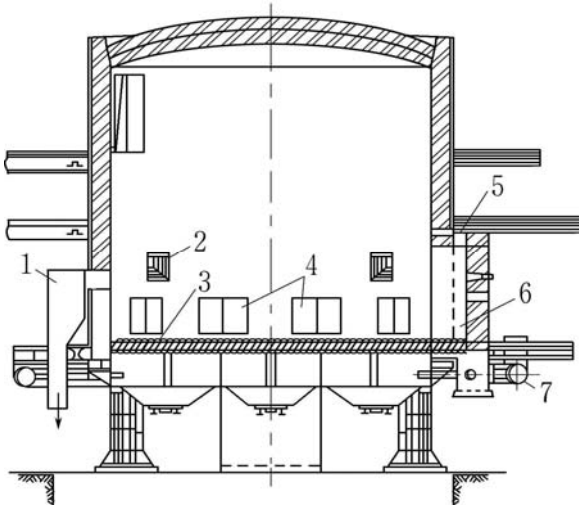



그림 1-25. 끓음식배소로의 략도
1-소광배출관, 2-관찰구, 3-바람주둥이들,
4-랭각함, 5—장입구, 6—장입실, 7—공기관

바람주둥이는 여러가지 모양의것을 쓰는데 흔히 구멍이 수직으로 난것과 버섯모양으로 생긴것을 쓴다.

로본체의 한쪽 아래벽에 장입구가 있고 그 맞은켠 벽에는 바닥으로부터 1m정도의 높이에 소광배출구가 있다.

로의 허리부분에는 점화기설치구멍과 비상구들이 있다. 점화기설치구멍은 로에 불을 지필 때나 로의 온도가 비정상적으로 내려갔을 때와 로의 온도를 보충적으로 높일 때 쓴다.

로의 천정에 가까운 옆벽에는 가스배출구가 있으며 로벽의 밑둘레에는 랭각함들이 설치된다. 랭각함을 설치하는것은 정광을 산화배소할 때 나오는 열이 배소행정에 필요한 온도를 보장하고도 남기때문에 남는 열을 뽑아 다른데 쓰면서 배소행정의 온도가 지내 올라가서 소광이 녹아 덩어리로 되는것을 막기 위해서이다.

장입구로 들어간 정광은 바닥으로부터 뿜어올라오는 바람에 의하여 끓음상태를 유지하면서 배소되여 소광으로 넘어가고 점차 배출구쪽으로 이동하여 로에서 나간다.

동정광끓음식배소공정의 온도는 620~700℃, 소광속의 류황함유량은 15~17%이며 로에서 나가는 배소가스속의 아류산가스농도는 11~12%, 바람주둥이끝에서의 바람속도는 45.4~68.2m/s, 먼지생성률은 80%에까지 이른다.

그러므로 먼지를 잡고 그와 함께 나가는 페열을 회수하기 위하여 배소로뒤에 회리통, 페열보이라, 전기제진장치 등을 설치한다.

3) 동원료의 전기로용련

동원료(동정광, 소광, 동괴광)를 용련하는 방법에는 용광로법, 반사로법, 전기로법 등의 여러가지가 있으나 어느 경우에나 용련한 다음에는 중간산물인 동류황쇠와 슬라크가 생긴다.

동광석용련에서는 녹임방법에 관계없이 동과 철이 류황과의 합금인 류황쇠로 넘어가며 버력성분들과 철의 일정한 량은 슬라크로 넘어간다.

동광석을 용련할 때 동류황쇠와 슬라크가 얻어지게 되는것은 다음의 원리에 기초하고있다.

① 동은 망간을 제외한 모든 중금속들가운데서 류황에 대한 친화력이 제일 크다.

② 철은 산소에 대한 친화력이 크므로 쉽게 산화되여 슬라크로 된다.

③ 모든 동과 결합하고 남은 류황은 철과 결합하여 높은 온도에서 견고한 화합물인 FeS를 만든다.

④ 버력성분들을 비롯한 산화물들은 서로 용해되여 슬라크를 만드는데 동류황쇠는 슬라크에 거의 용해되지 않고 밀도차에 의하여 슬라크와 갈라진다.

동광석용련에서 류황쇠와 슬라크의 이러한 성질에 의해 류황쇠속에는 동과 귀금속 기타 류화물들이 농축될수 있으며 버력성분으로부터 값있는 원소들을 갈라낼수 있는것이다.

용광로용련법은 가장 오랜 방법이지만 가루상태의 원료를 처리할수 없으므로 정광을 배소만 하지 않고 소결까지 하여 덩어리상태로 만들어야 한다.

반사로용련법은 가루상태의 원료도 처리할수 있으나 생산성이 낮다.

전기로용련법은 본질상 반사로용련법과 같은데 열원천으로 전력을 쓰는것이 다르다.

전기로용련법의 우점은 다음과 같다.

① 가루상태의 원료도 처리할수 있으므로 소결공정을 선행할 필요가 없다.

② 녹음점이 높은 장입물도 쉽게 녹일수 있으며 따라서 슬라크가 적게 생기고 그로 인한 동의 손실도 적다.

③ 공기를 불어넣지 않으므로 가스와 먼지가 적게 생기고 나오는 가스중의 아류산가스(SO_3)농도가 높아서 그것을 류산생산에 쓸수 있다.

④ 로동력소비가 적다.

그러나 전기로용련법은 탈류도 낮고 전력소비량이 많다.

동원료를 용련하는 전기로는 직4각형 또는 원형으로 만드는데 기초, 바닥벽, 천정, 전기설비 및 장입장치들로 구성된다.

로의 천정은 무지개형으로 되여있는데 여기에 3개 또는 6개의 전극을 설치한다.

전극우에는 그것을 올리거나 내리우는 기구를 설치한다.

천정우에는 또한 원료저장통, 콘베아 및 장입관 등을 설치한다.

전기로의 한쪽 벽의 바닥수준에는 류황쇠류출구를 내고 그보다 높은 수준의 다른쪽 벽에는 슬라크류출구를 낸다.

전기로에서는 정광, 괴광을 용련할수도 있고 정광을 배소한 소광을 용련할수도 있다.

만일 정광의 조성이 $S/Cu < 1.5$이면 그대로 처리하되 수분이 3% 이하로 될 때까지 말리기만 하고 $S/Cu > 1.5$이면 미리 배소하여야 한다. 다음에 필요한 량의 용제들을 더 넣고 잘 섞어 조합물(배합물)을 만든다. 조합물중 FeO/SiO_2이 1.0~1.3이 되도록 용제의 종류와 량을 계산하여 넣는다.

준비된 조합물은 장입관을 거쳐 슬라크류출구쪽으로부터 시작하여 류황쇠류출구쪽으로 가면서 장입한다.

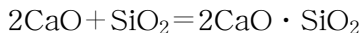
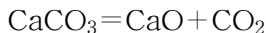
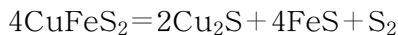
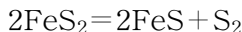
로안에 들어간 조합물은 슬라크의 저항열 및 전극과 슬라크층사이의 미소전호열에 의하여 녹는데 로안에서 가장 높은 온도는 1 500~1 700℃이며 로벽과 전극아래층에 놓인 슬라크의 온도는 1 250~1 350℃이다.

조합물들이 녹으면서 다음의 반응들이 진행된다.

$$2FeS_2 = 2FeS + S_2$$

$$4CuFeS_2 = 2Cu_2S + 4FeS + S_2$$

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$$2CaO + SiO_2 = 2CaO \cdot SiO_2$$

이러한 반응들이 진행된 결과 동류황쇠와 슬라크가 얻어지는데 이것들은 밀도차에 의하여 서로 갈라져서 제각기 류출구를 통하여 빠진다.

동전기로의 략도를 그림 1-26에 주었다.

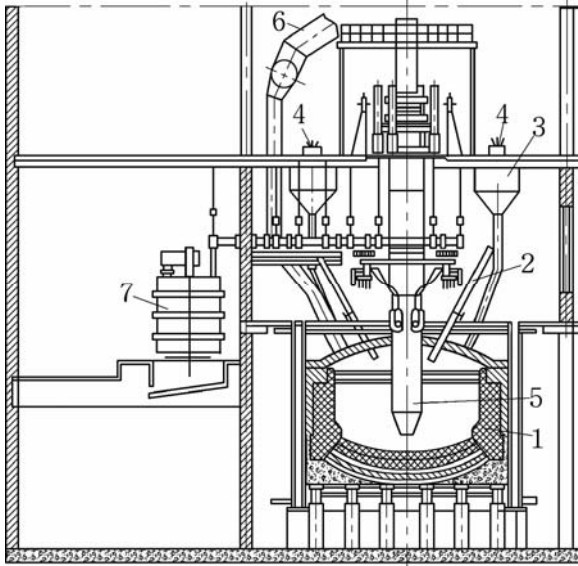



그림 1-26. 동전기로의 략도

1-로벽, 2-장입관, 3-원료저장통, 4-콘베아, 5-전극, 6-연도, 7-로용변압기

동류황쇠의 기본조성은 Cu_2S와 FeS이며 약간한 량의 다른 금속류화물과 Fe_3O_4형태로 산소를 함유하고있다.

동류황쇠의 밀도는 4.5~5.5g/cm^3로서 슬라크보다 무겁기때문에 슬라크층의 아래에 고인다. 동류황쇠속의 동의 함유량은 출발원료의 조성에 따라 다른데 원료속의 동함유량이 높을수록 동류황쇠속의 동함유량도 높아진다.

동전기로용련슬라크의 기본성분은 SiO_2, CaO, FeO이며 이밖에 약간한 량의 다른 금속산화물들이 포함되여있다.

동슬라크의 밀도는 3.2~3.8g/cm^3이므로 이것은 동류황쇠보다 가벼워서 동류황쇠의 웃층에 놓이게 된다.

흔히 동류황쇠는 주기적으로 뽑고 슬라크는 련속적으로 뽑는다.

동류황쇠는 남비에 받아서 전로공정에 보낸다.

4) 동류황쇠의 전로처리

동류황쇠는 수평식전로에서 처리한다.

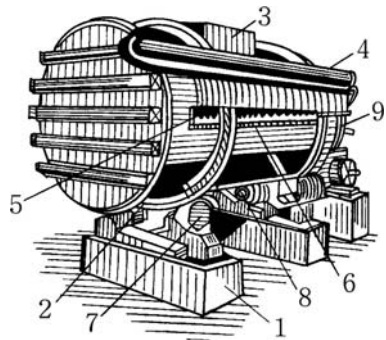
수평식전로는 로본체, 바람관과 바람주둥이, 로입, 경동장치로 이루어져있다.

그림 1-27에 수평식전로의 략도를 주었다.

동류황쇠를 전로에서 처리하는 목적은 동류황쇠속의 철과 류황을 갈라내고 조동을 얻자는것이다.

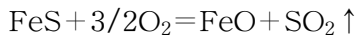
그림 1-27. 수평식전로의 략도
1-기초, 2-로본체, 3-로입, 4-큰 바람관, 5-가지바람관, 6-바람주둥이, 7-받침로라, 8-가락지, 9-치차

동류황쇠를 녹은 상태로 전로에 장입하고 바람주둥이를 통하여 공기를 불어넣으면 류화물의 산화반응과 슬라크형성반응이 진행되고 류화물과 산화물사이의 반응도 진행된다.

이 반응들은 모두 발열반응이므로 연료없이도 동전로행정운영에 필요한 1 200~1 250℃의 온도가 보장된다. 진행되는 반응들의 특성으로 보아 전로공정을 1기와 2기로 나눈다.

(1) 제1기공정

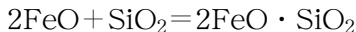
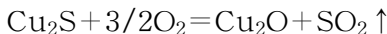
전로공정 제1기를 슬라크형성기라고도 한다.

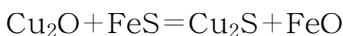
처음에 녹은 류황쇠와 필요한 량의 규산광을 전로에 장입하고 바람을 불어넣으면 공기중의 산소에 의하여 류화철이 먼저 산화된다.

$$FeS+3/2O_2=FeO+SO_2\uparrow$$

형성된 산화철은 녹은 류황쇠우로 떠오르며 규산광과 작용하여 슬라크로 넘어간다.

$$2FeO+SiO_2=2FeO\cdot SiO_2$$

류화동의 산화반응도 진행될수 있다.

$$Cu_2S+3/2O_2=Cu_2O+SO_2\uparrow$$

그러나 이산화동은 다음 반응에 따라 곧 다시 류화된다.

$$Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$$

이렇게 되는것은 류황에 대한 친화력이 철보다 동이 더 세고 산소에 대한 친화력은 철이 동보다 세기때문이다.

결국 류화철이 남아있는동안에는 류화동이 산화될수 없다.

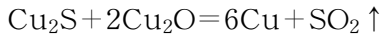
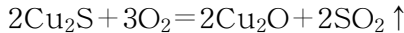
전로공정 제1기에 형성된 슬라크는 밀도차에 의하여 웃층에 놓이므로 전로를 기울여 찌워낸다.

류황쇠에는 니켈, 아연, 연, 비소, 안티몬, 셀렌, 텔루르, 금, 은 등이 들어있으며 이것들은 자체의 특성에 따라 슬라크로 넘어가거나 무철류황쇠(FeS가 다 없어지고 남은 Cu_2S)에 남는다.

(2) 제2기공정

제1기공정이 끝난 다음 류산광을 넣지 않고 공기를 계속 불어넣어 제2기공정을 진행한다.

제2기공정에서는 류화철이 없으므로 류화동이 산화동과 반응하여 금속동을 형성한다. 즉

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2\uparrow$$
$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2\uparrow$$

생겨난 금속동은 밀도가 크므로 아래층을 이루는데 웃층에 놓여있는 류화동은 작업이 진행되는데 따라 산화되여 점차 줄어들고 금속동의 량은 늘어나다가 마침내 모두 금속동으로 되면 제2기공정이 끝난다.

이때 얻어진 동은 순수하지 못하므로 조동이라고 한다.

제2기공정반응이 끝나면 로를 기울여 조동을 주형에 부어서 정제공정으로 보낸다.

수평식전로에서 동류황쇠를 처리하여 조동을 얻는 과정을 그림 1-28에 략도로 주었다.

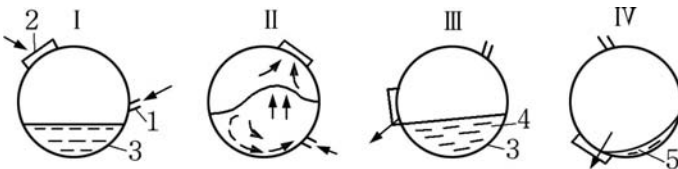



그림 1-28. 동류황쇠의 처리과정략도

I-동류황쇠장입, II-녹은 류황쇠속으로 송풍, III-전로슬라크찌우기, IV-조동주조; 1-바람주둥이, 2-로입, 3-류황쇠, 4-슬라크, 5-조동

전로공정 제1기에는 류화철(FeS)의 산화과정이 기본반응이며 이때 류화철 1kg당 9 840kJ의 열이 나온다.

제2기에는 류화동(Cu_2S)이 산화되면서 1kg당 1 363kJ 즉 제1기의 4분의 1에 해당하는 열이 나온다.

그러므로 제1기에는 시간이 지남에 따라 로의 온도가 빨리 오르고 제2기에는 천천히 오른다. 또한 제2기에는 조동이 생겨나면서 열전도성이 좋아진다.

때문에 제2기에는 바람을 불어넣을 때 1min당 쇠물의 온도가 1~1.2℃씩 내려가므로 고장으로 하여 바람이 끊어지면 20min만 지나도 쇠물의 온도가 20℃나 내려간다.

이로부터 제1기에는 온도가 지내 올라가 로의 안불임이 녹을수 있기때문에 일정한 량의 규산광(랭각제)을 장입하고 바람을 불어넣어 형성된 슬라크를 찌워낸 다음 다시 같은 작업을 반복하는 식으로 작업을 진행하면서 필요에 따라 찬장입물(식은 류황쇠, 동을 함유하는 여러가지 페설물들)을 넣어준다. 그러나 제2기에는 모두 조동으로 넘어갈 때까지 쉬지 않고 바람을 불어넣는다.

전로공정의 기본산물은 조동이며 부산물로는 슬라크와 가스 및 먼지가 나온다.

조동은 1~3%의 혼입물과 상당한 량의 귀금속을 함유하므로 그대로는 쓰지 못하며 동의 순도를 높이고 귀금속들을 갈라내기 위하여 정제공정에 보낸다.

동전로슬라크의 기본성분은 $2FeO \cdot SiO_2$이며 여기에 Fe_3O_4와 약간의 류황쇠가 섞여있다.

전로슬라크는 거기에 들어있는 동을 회수하기 위하여 다시 처리하여야 한다.

5) 조동의 정제

전로공정에서 얻어진 조동속에 섞인 불순물들은 동의 열간 및 랭간취성을 높이며 가소성을 낮춘다. 또한 모든 불순물들은 정도의 차이는 있으나 동의 전기전도도를 낮춘다.

그러므로 금, 은 등 귀금속을 갈라내고 동의 순도를 높일 목적으로 조동을 정제한다.

조동의 정제법으로서는 건식정제법과 습식전해정제법이 쓰이고있다.

건식정제법은 귀금속을 갈라내지 못하지만 습식전해정제법은 비용이 많이 들어도 귀금속을 갈라낼수 있고 순도가 높은 동을 생산할수 있다.

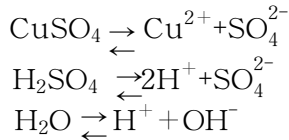
그러므로 조동속에 귀금속이 들어있지 않으면 건식정제법만 적용하며 귀금속을 갈라내는것이 중요한 문제로 제기될 때에는 습식전해정제법을 적용하여야 한다.

우리 나라에서는 습식전해정제법만 적용하고있다.

(1) 동전해의 원리

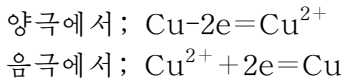
동전해는 류산성인 류산동용액에서 조동(판)을 양극으로 하고 순수한 얇은 전기동판을 음극으로 하여 진행한다.

전해액성분들인 류산동, 류산 및 물은 다음과 같이 해리된다.

$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$
$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^{+} + SO_4^{2-}$$
$$H_2O \rightleftarrows H^{+} + OH^{-}$$

이리하여 전해액안에는 양이온으로서 Cu^{2+}와 H^{+}, 음이온으로서 SO_4^{2-}와 OH^{-}가 존재하게 된다.

전해액에 조동판과 전기동판을 잠그고 직류전원의 〈+〉극을 조동판에, 〈-〉극을 전기동판에 련결하고 전류를 통과시키면 양극(조동판)에서는 동이 전기화학적으로 풀리고 음극(전기동판)에서는 동이온(Cu^{2+})이 환원되여 금속동으로 석출된다.

양극에서; $Cu-2e=Cu^{2+}$

음극에서; $Cu^{2+}+2e=Cu$

전해공정에서 귀금속과 불순물들은 양극에서의 용해순위와 음극에서의 석출순위에 따라 서로 분리된다.

일반적으로 불순물들은 전해할 때 목적금속 A와 불순물금속 B와의 전위차에 의해서 분리된다.

실제상 불순물들이 분리되려면 이 전위차값이 0.3V이상 되여야 한다.

동의 표준전극전위값은 0.34V이다.

동전해과정에서 불순물들은 그 운동특성에 따라 동보다 전기적으로 양전성인 금속들과 동보다 전기적으로 음전성인 금속들, 동과 비슷한 전극전위값을 가지는 금속들로 분류할수 있다.

① 동보다 양전성의 금속들인 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라디

움(Pd), 오스미움(Os), 이리디움(Ir) 등과 Pb, Sn 등은 전혀 풀리지 않고 미세한 가루모양으로 바닥에 가라앉거나 양극면에 붙어있게 된다.

이런것들을 통털어 전해전물이라고 한다.

② 동보다 음전성의 금속들인 Fe, Zn 등은 전해할 때 완전히 풀리여 전해액으로 넘어가지만 음극에서 석출되지 않으므로 전해를 계속할수록 그것들의 농도가 높아진다.

③ 동과 전극전위가 비슷한 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 등은 전해할 때 동과 함께 풀리고 음극에 일부 석출된다.

따라서 동의 순도를 높이기 위한 전해를 하는 조건에서 셋째 부류의 불순물들이 가장 해로운것으로 된다.

전해과정에 불순물들의 나쁜 영향을 없애기 위해서는 그것이 허용한계농도를 넘지 않도록 제때에 없애야 한다.

(2) 동전해방법

동전해액은 보통 동을 40~50g/L, 류산을 120~200g/L 함유하는데 이것은 양극의 조성과 전해조건에 따라 조금씩 변화된다.

흔히 쓰이는 동전해조의 략도를 그림 1-29에 주었다.

그림 1-29. 동전해조의 략도

전해액의 온도는 55~60℃까지 높여야 한다.

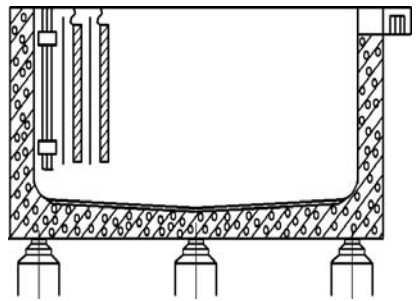
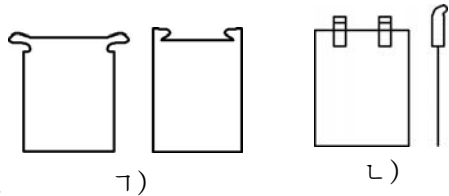
동전해에서 전류밀도는 보통 150~200A/m^2로 한다.

동전해조(전해하는 통)는 철근콩크리트로 만들고 바닥에 내산성재료(연판, 아스팔트, 합성수지 등)를 안붙임하여 만든다.

요즘에는 경질수지판으로 만든 전해조들도 쓰이고있다.

동전해할 때 양극은 조동 또는 건식정제한 동을 주조하여 만들며 음극은 전해할 때 얻어지는 순동판으로 양극보다 너비가 40~50mm, 길이가 30~40mm 더 크게 만든다.

양극과 음극의 모양을 그림 1-30에 주었다.

그림 1-30. 동전해양극(ㄱ)과 음극(ㄴ)의 모양

동전해할 때 양극은 15~20일, 음극은 3~4일마다 새로 넣고 꺼낸다.

전해액은 정상적으로 순환시켜야 하며 2~3h동안에 모두 새 전해액으로 바꿀수 있어야 한다. 음극에 석출되는 동이 매끈하고 치밀하게 되도록 하기 위하여 동 1t에 대하여 갖풀 10~15g을 전해액에 넣는다.

동전해작업에서 중요한것은 전류효률을 높이고 전력소비를 낮추는것이다.

동전해에 소비되는 전력소비량은 보통 300~350㎾·h/t이다.

동전해할 때 전류효률을 높이려면 전해액에서 불순물들을 허용한계이하로 낮추며 전해조의 절연을 잘하여 루전현상을 없애야 한다.

동전해에서 전력소비를 낮추기 위한 가장 중요한 방도는 전해조전압을 낮추는것이다.

이를 위하여 전해액의 산도를 충분히 보장하며 액온도를 60℃이상 보장하고 접촉부를 잘 닦아주어야 한다.

전기동은 음극에서 떼내여 동판상태 그대로 수요자에게 보내기도 하고 저주파유도로에서 녹여서 주조하여 보내기도 한다.

동전해전물에는 금, 은, 동 등 귀금속을 비롯한 유가금속들이 많이 들어있으므로 다시 처리하여 이것들을 모두 갈라낸다.

2. 연생산

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《연도 역시 경제건설과 국방건설에서 매우 중요한 의의를 가집니다.》

연은 멘델레예브원소주기표 제14족에 속해있는 원자번호 82, 원자량 207.2인 화학원소로서 회백색의 중금속이다.

연의 밀도는 11 340kg/m^3(20℃에서), 녹음점은 327.4℃, 끓음점은 1 750℃이다. 연은 중금속들가운데서 가장 무르고 가소성이 좋다. 그러므로 얇은 판으로 쉽게 밀수 있다.

연은 케블선의 껍데기, 축전지극판으로 많이 쓰이며 내산성재료와 방사선막이판으로 쓰일뿐아니라 합금형태로 미끄럼베아링 등에 쓰인다.

연은 또한 땜납의 기본성분으로 쓰이며 화합물형태로도 여러 부문에 많이 쓰인다.

그러므로 연을 많이 생산하는 한편 그 가공기술을 발전시켜야 한다.

1) 연생산원료와 그의 처리법

(1) 연생산원료

자연계에서 연은 주로 류화광과 산화광형태로 있다.

연광물은 300여가지나 알려져있는데 중요한것들은 방연광(PbS), 백연광($PbCO_3$), 류산연광($PbSO_4$) 등을 들수 있다.

우리 나라에서 캐내는 연광석에서 기본은 방연광이다.

방연광은 땅속에 다금속광형태로 섬아연광(ZnS)과 함께 묻혀있다.

그러므로 선광공정에서 연정광과 아연정광으로 갈라 각각 연 및 아연생산공정에 보낸다. 그러나 실제로는 선광공정에서 연과 아연이 완전히 갈라지지 않으므로 연정광에는 아연이 항상 몇%로부터 10~15%까지 함유된다. 우리 나라에서 생산되는 연정광의 조성을 보면 대체로 연이 45~60%정도 들어있다.

(2) 연정광의 처리법

연정광은 그의 조성과 기타 특성에 따라 건식야금법, 습식야금법, 용융염전해법 등으로 처리할수 있는데 흔히 건식야금법을 쓴다.

연의 건식야금법에는 환원용련법, 반응용련법, 침강용련법, 연, 아연정광의 동시제련법 등이 있다.

현재 가장 많이 쓰이고있는 환원용련법의 기술공정도를 그림 1-31에 주었다.

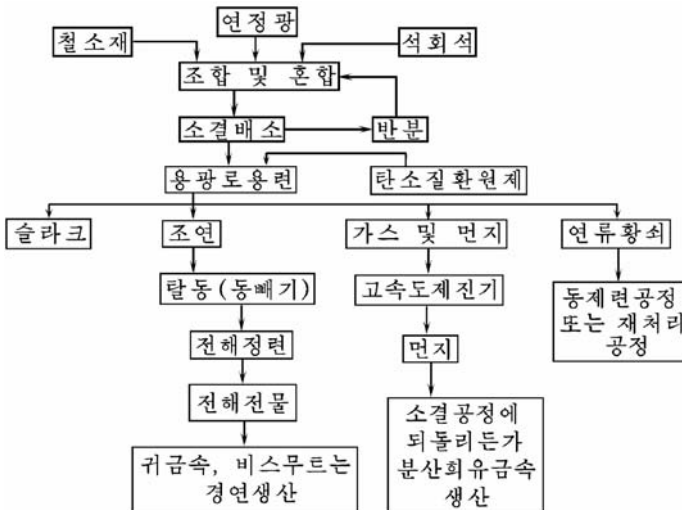



그림 1-31. 환원용련법에 의한 연생산공정도

연정광을 용제(석회석, 철소재-류화철 채운 재) 및 반분(소결배소산물을 채로 쳐서 갈라낸 가루)과 함께 조합(배합)하여 소결배소한다.

이때 조합물안의 PbS가 산화되면서 류황분이 더러 날아나고 소결괴가 얻어진다.

소결괴를 탄소질연료와 함께 용광로에 장입하고 환원용련하면 금속연이 얻어지는데 순수하지 못하므로 조연이라고 한다.

장입물에 들어있던 금, 은 등 귀금속은 조연에 흡수된다.

조연에서 귀금속들을 갈라내여 연의 순도를 높이기 위하여 정제한다.

조연을 정제하기 위하여 건식정제법과 습식전해정제법이 쓰인다.

전해정제한 결과에 얻어지는 전기연을 녹여서 주괴로 보내며 전해전물을 다시 처리하여 금, 은과 비스무트를 갈라내고 안티몬을 연과의 합금인 경연형태로 생산한다.

2) 연정광의 소결배소

연정광을 용광로에서 환원용련하려면 먼저 소결배소를 하여야 한다.

연정광을 소결배소하는 목적은 용광로에서 처리할수 있게 구멍률이 높으면서도 간단한 덩어리로 만들며 정광중 류황을 동이 동류황쇠로 넘어가는데 필요한 량만 남기고 모두 태움으로써 PbS를 PbO로 넘기고 용광로용련행정에서 해로운 원소인 비소, 안티몬 등의 혼입물들을 될수록 많이 날려보내자는것이다.

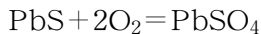
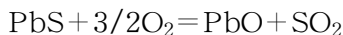
(1) 소결배소할 때 진행되는 화학반응

연정광속에서 연은 기본적으로 방연광(PbS)형태로 있으며 그밖에 황동광(CuFeS), 섬아연광(ZnS), 황철광(FeS_2)과 기타 류화물들도 있다.

① 연류화물의 반응

PbS는 비교적 낮은 온도에서 산화되기 시작한다.

PbS의 발화온도는 알굵기가 0.25mm일 때 360~380℃이다.

$$2PbS + 7/2O_2 = PbO + PbSO_4 + SO_2$$
$$PbS + 3/2O_2 = PbO + SO_2$$
$$PbS + 2O_2 = PbSO_4$$

이리하여 소결괴안의 연은 기본적으로 PbO형태로 있고 일부는 $PbSO_4$, PbS형태로도 있게 된다.

② 철류화물의 반응

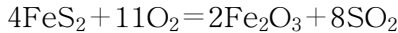
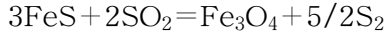
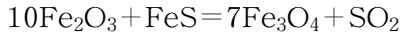
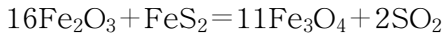
철류화물은 기본적으로 황철광(FeS_2)형태로 연정광속에 존재하는데 먼저 다음과 같이 해리된다.

$$FeS_2 \rightarrow FeS + 1/2S_2$$

산화성분위기에 철류화물들은 다음 반응들에 따라 산화된다.

$$3FeS + 2SO_2 = Fe_3O_4 + 5/2S_2$$
$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

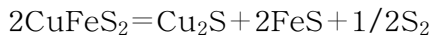
류화물과 산화물들사이의 반응들도 진행된다.

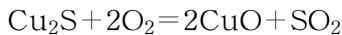
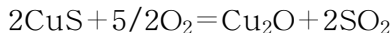
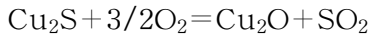
$$16Fe_2O_3 + FeS_2 = 11Fe_3O_4 + 2SO_2$$
$$10Fe_2O_3 + FeS = 7Fe_3O_4 + SO_2$$

이리하여 소결괴속에 철은 기본적으로 Fe_2O_3과 Fe_3O_4형태로 있게 된다.

③ 동류화물의 반응

연정광속에 동류화물은 기본적으로 황동광($CuFeS_2$)형태로 있고 일부 휘동광(Cu_2S), 동람(CuS)형태로도 있다.

황동광은 550℃에서 다음과 같이 해리된다.

$$2CuFeS_2 = Cu_2S + 2FeS + 1/2S_2$$

배소온도조건에서 동류화물들은 다음과 같이 산화된다.

$$Cu_2S + 3/2O_2 = Cu_2O + SO_2$$
$$2CuS + 5/2O_2 = Cu_2O + 2SO_2$$
$$Cu_2S + 2O_2 = 2CuO + SO_2$$

이리하여 동은 소결괴속에 기본적으로 CuO, Cu_2O형태로 있으며 일부 산화되지 않은 류화물상태로 있게 된다.

④ 산화물들의 호상작용과 소결괴의 형성

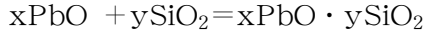
연정광을 소결배소하는 과정에 진행되는 반응들가운데서 중요한것은 산화물들사이의 호상작용에 의하여 녹음점이 낮은 화합물이 형성되는 반응이다.

소결괴는 낮은 온도에서 쉽게 녹는 화합물들이 먼저 녹아서 다른

조합물성분들과 엉켜붙어 구멍이 숭숭난 형태로 얻어진다.

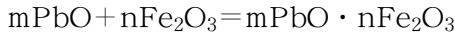
연정광의 소결배소행정에서 이 역할을 하는것은 규산연과 철산연이다.

PbO와 SiO_2사이의 작용은 710℃에서 시작하여 750℃까지는 천천히 진행되며 그 이상의 온도에서는 반응이 매우 빨라진다.

$$xPbO + ySiO_2 = xPbO \cdot ySiO_2$$

PbO와 SiO_2의 녹음점은 매우 높지만 그것들이 임의의 비률로 결합되면 녹음점이 훨씬 낮아진다.

$2PbO \cdot SiO_2$의 녹음점은 740℃, $3PbO \cdot 2SiO_2$은 690℃, $PbO \cdot SiO_2$은 766℃이다.

철산연은 규산연보다 낮은 온도에서 생기기 시작한다.

$$mPbO + nFe_2O_3 = mPbO \cdot nFe_2O_3$$

연정광의 소결배소행정에서 형성되는 액상의 량은 소결구역의 온도, 조합물속의 연함유량과 관계된다.

조합물속의 연함유량이 높을수록 액상의 량이 많아진다.

소결괴속의 연함유량이 40~42%일 때 액상의 량은 약 50%에 이른다.

연정광의 소결배소결과 얻어지는 소결괴는 류황함유량이 1~2%이하여야 하며 굳고 기공도가 65~75% 보장되여야 한다.

(2) 소결배소방법

연정광을 소결배소하자면 연정광에 필요한 물질들을 섞어 조성이 알맞고 고르로우며 수분과 알굵기가 맞춤하도록 조합물을 만들어야 한다.

조합물의 조성에서 중요한것은 S, Pb, SiO_2의 함유량과 수분이다.

조합물에서 연은 40~45%, 류황은 6~8%, SiO_2은 약 10%, 수분은 8~10% 되도록 하여야 한다.

이런 조성을 맞추기 위하여 미리 야금계산을 진행하고 필요한 량의 석회석, 반분, 슬라크, 철소재 등을 연정광에 덧넣고 골고루 섞는다.

혼합물이 준비되면 련속식소결기에 장입하고 소결배소작업을 진행한다.

조합물이 대차에 실려 점화기밑으로 들어가면 온도가 80~110℃인 구간에서 수분이 날아나며 500~600℃에서 점화되기 시작한다.

온도가 높아짐에 따라 조합물은 완전히 마르고 타기 시작한다.

그다음부터는 반응열에 의하여 내부의 온도가 올라가며 배소와

소결과정이 진행된다.

소결배소과정의 마감에 이르러서는 장입물층내부의 온도가 최대값에 이르는데 연조합물에서는 1 000℃를 넘지 않는다.

소결기의 끝에 이르러 쏟아진 소결괴는 파쇄기로 깨뜨린 다음 살창채를 거쳐 랭각기로 보낸다.

랭각기에서는 소결괴를 500~650℃로부터 100℃까지 바람으로 랭각시킨다. 얻어진 30~100mm 크기의 소결괴는 용광로에 보내며 30mm이하의 작은 소결괴들은 로라파쇄기에서 파쇄한 다음 얻어진 반분을 조합공정에 되돌려보낸다.

소결배소공정의 가스는 회리통을 통과시켜 굵은 먼지를 잡고 자루려과기에서 보드라운 먼지를 마저 잡아 앞공정으로 되돌린다.

3) 연소결괴의 용광로용련

연소결괴를 용광로에서 환원용련하여 버럭성분들을 슬라크로 갈라내고 조연을 얻는다.

(1) 연용광로의 특성

연제련에 쓰는 용광로는 흑색야금에서 쓰는 용광로와는 달리 키가 낮고 수평자름면이 장방형이며 작업공간은 물랭각통으로 둘러싸여있다.

그림 1-32에 연용광로의 략도를 주었다.

용광로둘레에 송풍주관(기본관)이 설치되였고 여기에 련결된 송풍지관(가지관)을 통하여 바람주둥이에 공기를 보낸다.

로밑통에 조연류출구의 슬라크 및 류황쇠류출구가 설치되였다.

조연류출구는 싸이론식으로 되여있어 구멍이 응결물이나 식은 연에 의하여 막히는 일이 없도록 한다.

연용광로는 작업부분을 물랭각하므로 조립하였으므로 작업할 때 안벽걸면에 슬라크가 얼어붙어서 안붙임의 역할을 한다.

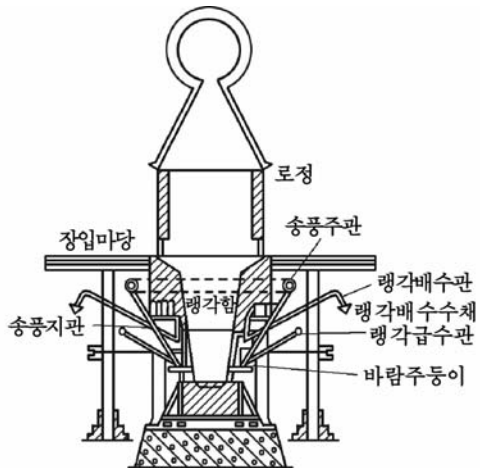



그림 1-32. 연용광로의 략도

때문에 높은 온도의 슬라크가 직접 랭각함과 접촉하지 못하므로 그것에 의하여 벽이 침식되지 않는다.

또한 슬라크응결물벽이 있기때문에 필요한 때 바람을 멈추고 물랭각함을 교체하는 방법으로 작업을 중단함이 없이 보수작업을 할수 있다.

연용광로에서 장입물은 장입구로부터 바람주둥이까지 내려가면서 올라오는 가스에 의하여 가열되며 그것과 작용하여 금속연(조연), 슬라크, 류황쇠, 가스 등이 얻어진다.

녹아 흐른 용련산물은 로밑통에 고이며 여기서 밀도차에 따라 조연, 류황쇠, 슬라크로 갈라진다. 조연은 조연류출구로 빠지고 슬라크와 류황쇠는 슬라크류출구로 함께 빠져 앞로에 가서 갈라진다.

(2) 연용광로용련에서 성분들의 움직임

로안에 들어간 장입물은 탄소질연료(콕스)가 탈 때 나오는 열과 CO가스의 작용을 받으면서 다음의 구역들을 차례로 지난다.

준비대-온도 150~400℃
상부환원대-온도 400~700℃
하부환원대-온도 700~900℃
용융대-온도 900~1 200℃

이때 소결괴안의 금속산화물들은 자체의 특성과 로의 온도 및 환원성분위기의 세기에 따라 서로 다른 정도로 분해되고 환원되며 녹는다.

준비대에서는 장입물안의 수분과 결정수가 날아나면 탄산염들이 부분적으로 해리된다.

준비대에서 진행되는 과정은 모두 흡열과정이다.

상부환원대에서는 결정수의 분해가 끝나며 탄산염의 해리가 계속되고 류산염의 해리가 시작된다.

그리고 환원되기 쉬운 연 및 동의 산화물들은 금속으로 환원되며 Fe_2O_3은 FeO까지 환원된다.

환원된 금속연의 방울들은 장입물층을 씻으면서 밑으로 흐르며 이때 귀금속들이 연에 풀려들어간다.

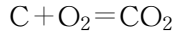
하부환원대에서는 환원되기 힘든 류산염들이 벌겋게 단 고체탄소에 의하여 환원된다. 이 구역에서 탄산염의 해리가 끝나고 류화물들은 녹기 쉬운 류황쇠를 이룬다.

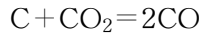
끝으로 용융대에서는 산화물의 환원이 끝나며 귀금속이 연에 완전히 풀려들어가고 녹은 류황쇠는 다른 류화물들을 흡수하면서 로밑통에 고인다. 또한 슬라크화된 연이 환원되고 슬라크가 완전히 녹는다.

이리하여 환원된 금속연과 귀금속은 조연에 넘어가고 환원되지 못한 산화물들은 슬라크로, 류화물들은 류황쇠로 된다.

로안에서 진행되는 반응과 장입물성분들의 움직임은 다음과 같다.

탄소질연료는 바람주둥이가까이까지 내려와서 다음과 같이 연소된다.

$$C+O_2=CO_2$$

생겨난 CO_2은 우로 올라가면서 산소가 적은 구역에서 벌겋게 단 탄소를 만나 다음 반응에 따라 CO를 이룬다.

$$C+CO_2=2CO$$

따라서 CO농도는 로의 중심에 가까울수록 높아진다.

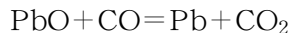
연료가 연소됨에 따라 로의 온도는 1 200~1 300℃에 이르며 환원반응에 필요한 온도와 분위기가 조성된다.

연용광로에서 금속산화물들이 환원되는 순서는 Cu, Pb, Ni, Sn, Fe, Zn 등과 같다.

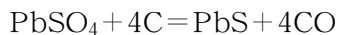
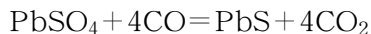
연은 소결괴안에 주로 산화물형태로 있으며 일부는 류산연, 류화물과 금속형태, 규산연, 철산연형태로도 있다.

금속연은 쉽게 녹아서 장입물층을 씻어내리면서 금과 은, 환원된 동, 비스무트, 안티몬 등을 흡수하고 로밑통에 고인다.

PbO는 160~180℃에서 다음 반응에 따라 쉽게 환원된다.

$$PbO+CO=Pb+CO_2$$

고체탄소에 의한 환원반응($PbO+C=Pb+CO$)도 가능하지만 실제로는 이것들의 접촉조건이 제한되므로 의의가 없다.

류산연은 낮은 온도에서 CO 및 고체탄소에 의하여 비교적 쉽게 PbS로 환원되여 류황쇠로 넘어간다.

$$PbSO_4+4CO=PbS+4CO_2$$
$$PbSO_4+4C=PbS+4CO$$

(3) 연용광로용련산물

연소결괴를 용광로에서 환원용련하면 조연, 슬라크, 가스 및 먼지

가 얻어지며 경우에 따라 연류황쇠와 비소쇠가 생긴다.

조연은 연용광로용련공정의 기본산물이다. 조연에는 혼입물로서 Cu, As, Sb, Bi 등이 들어있으며 귀금속인 Au, Ag도 들어있다.

조연에 들어있는 혼입물의 량은 출발원료의 조성과 소결 및 용련조건에 따라 변한다.

조연의 조성례를 들면 다음과 같다.

Pb 98.2~99%, Cu 0.05~0.15%, Sb 0.21~0.31%, As 0.18%, Bi 0.56%, Zn 0.005%, Au 20~40g/t, Ag 1 500~1 900g/t

조연은 혼입물을 갈라내고 귀금속을 회수할 목적으로 정제공정에서 다시 처리한다.

연슬라크는 동슬라크와 마찬가지로 FeO, CaO, SiO_2이 기본성분으로 되여있다.

연슬라크의 중요한 성질은 다른 슬라크에서와 같이 녹음점, 끈기도 및 밀도 등이다.

슬라크가 비교적 낮은 온도에서 녹고 흐름성이 좋으며 밀도가 작을 때에는 생산성이 높아지고 슬라크에 의한 연의 손실도 감소된다.

연슬라크의 밀도는 그의 조성에 따라 3.5~4.0g/cm^3 범위에서 변한다.

연슬라크에는 조업조건에 따라서 아연이 10%이상 들어있으므로 그것을 뽑아내기 위하여 다시 처리하는 여러가지 방법들이 나왔다.

연류황쇠에는 동류황쇠에서와는 달리 Cu_2S와 FeS밖에도 PbS가 많이 들어있다.

연용광로에서 류황쇠의 생성률은 소결괴안의 동과 류황의 함유량에 따라서 보통 소결괴량의 8~10%정도이다.

연류황쇠에는 연과 동, 유가금속들이 많이 들어있으므로 반드시 다시 처리하여야 한다.

연용광로에서 나오는 먼지는 내굴길과 고속제진장치에서 잡힌다.

내굴길에서 잡힌 먼지의 조성은 장입물의 조성과 비슷하며 고속제진장치에서 잡힌 먼지에는 비산성이 큰 성분들이 많다.

특히 여기에는 연밖에도 아연, 카드미움 등이 들어있고 분산희유금속들도 들어있다. 그러므로 연용광로먼지는 소결배소공정에 되돌려보낸다.

4) 조연의 정제

조연속에 들어있는 혼입물들은 대부분이 연의 기계적성질을 나쁘게

하며 내부식성도 약하게 한다.

따라서 조연속에 들어있는 혼입물들을 빼내여 연의 순도를 높이며 귀금속들과 비스무트를 갈라낼 목적으로 조연을 정제한다.

조연을 정제하는 방법으로는 건식법과 전해정제법이 쓰이며 때로는 두가지 방법을 어울려쓰기도 한다.

건식법에 의한 조연의 정제는 순차적인 공정으로 진행되며 작업이 단순하지만 작업시간이 길고 반환물질이 많이 생기며 이로 인하여 연의 거둠률이 낮아서 70~80%범위에 있게 된다.

전해정제법에서는 연이 순수한 상태로 음극에 전착되고 나머지성분들은 찌끼로 떨어진다.

그러므로 이 방법은 하나의 장치에서 정제공정이 끝나는것이 특징이며 연의 거둠률도 높다.

특히 조연속에 비스무트가 많을 때 이 방법이 효과적이다.

(1) 건식법에 의한 조연의 정제

조연건식정제공정도를 그림 1-33에 주었다.

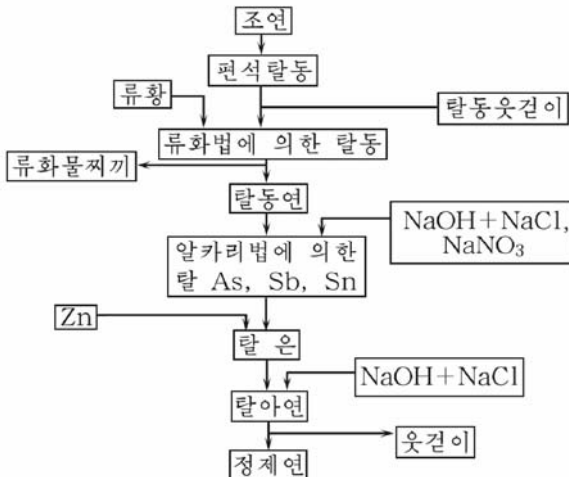



그림 1-33. 조연의 건식정제공정도

① 탈동

조연속의 동을 빼내는데 편석법과 류화법을 쓰고있다.

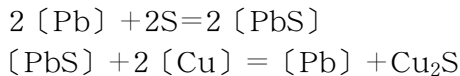
편석법은 가장 간단한 방법으로서 연에 대한 동의 용해도가 온도가 낮아지면 매우 작아진다는데 기초하고있다. 327℃에서 연에 대한 동의 용해도는 0.06%이다.

주철이나 강철제가마에 녹은 조연을 받아 450℃ 근방까지 랭각시키면 연에 풀렸던 동이 분리되여 나와서 떠오른다.

이런 방법으로 조연속의 동을 0.1%정도까지 제거할수 있다.

조연속의 동함유량을 더 낮추기 위하여 류화법을 쓴다.

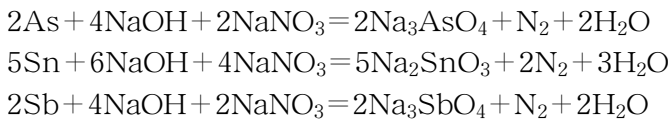
조연을 교반장치가 있는 탈동가마에 넣고 330~340℃에서 류황을 넣으면 먼저 류화연이 형성되였다가 이것이 미량으로 있는 동과 작용하여 류화동을 형성하는 간접류화과정이 진행된다. 즉

$$2〔Pb〕+2S=2〔PbS〕$$
$$〔PbS〕+2〔Cu〕=〔Pb〕+Cu_2S$$

형성된 류화동은 류황찌끼로 떠오른다.

탈동공정을 거친 조연가운데는 동이 0.02~0.04%정도 남는데 그대로 양극으로 부어서 전해정제공정에 보내든가 건식법으로 비소(As), 안티몬(Sb), 석(Sn), 은(Ag) 등을 빼는 공정에 보낸다.

② 비소, 안티몬, 석빼기

탈동한 조연을 420~480℃까지 가열하면서 NaOH, $NaNO_3$, NaCl을 넣어주면 다음 반응에 따라 As, Sb, Sn이 산화되면서 소다슬라크형태로 떠오른다.

$$2As+4NaOH+2NaNO_3=2Na_3AsO_4+N_2+2H_2O$$
$$5Sn+6NaOH+4NaNO_3=5Na_2SnO_3+2N_2+3H_2O$$
$$2Sb+4NaOH+2NaNO_3=2Na_3SbO_4+N_2+2H_2O$$

이때 $NaNO_3$은 산화제의 역할을 하고 NaCl은 반응을 촉진시키는 작용을 한다.

반응이 끝나면 찌끼를 걷어내고 연은 탈은공정에 보낸다.

조연속의 은은 아연과 잘 녹지 않는 화합물을 이루는 성질을 리용하여 갈라낸다.

녹은 연에 금속아연을 넣으면 은이 아연과 잘 녹지 않는 화합물인 Ag_2Zn_3, Ag_2Zn_5 또는 아연과의 고용체를 이루어 거품형태로 떠오른다.

거품은 걷어내여 따로 처리한다.

은을 빼낸 연속에는 아연이 0.6~0.8%정도 들어있으므로 알카리법, 산화법, 진공처리법 등으로 그것을 뽑아낸다.

알카리법에 의한 탈아연공정은 아연과 가성소다와의 직접반응에 의하여 아연산소다가 생긴다는데 기초하고있다. 즉

$$4[Zn]+8NaOH=Na_2O\cdot 4ZnO+3Na_2O+4H_2$$

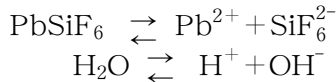
건식정제가 끝난 연은 겁에 부어 제품으로 만든다.

(2) 조연의 전해정제원리와 방법

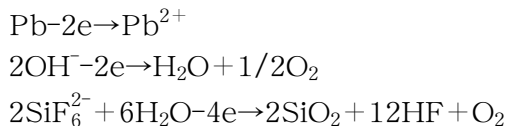
조연 또는 건식법으로 탈동한 조연을 양극판으로 부어서 규불산연($PbSiF_6$)용액에서 전기분해한다.

① 연전해정제의 원리

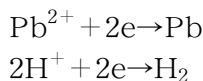
전해액중의 매개 성분들은 다음과 같이 해리되여있다.

$$PbSiF_6 \rightleftarrows Pb^{2+}+SiF_6^{2-}$$
$$H_2O \rightleftarrows H^{+}+OH^{-}$$

이리하여 전해액안에는 양이온으로서 Pb^{2+}, H^{+}, 음이온으로서 OH^{-}, SiF_6^{2-}이 존재하게 된다.

전해조에 직류전류가 흐르면 양극에서는 금속연이 용해되고 한편 음이온들인 OH^{-}, SiF_6^{2-}이온들이 방전될수 있다.

$$Pb-2e \rightarrow Pb^{2+}$$
$$2OH^{-}-2e \rightarrow H_2O+1/2O_2$$
$$2SiF_6^{2-}+6H_2O-4e \rightarrow 2SiO_2+12HF+O_2$$

그러나 전기화학적특성으로부터 OH^{-}, SiF_6^{2-}의 방전은 연의 농도가 매우 낮을 때에만 진행되고 실제로는 양극에서 연의 용해과정만이 진행된다.

음극에서는 다음의 반응들이 진행될수 있다.

$$Pb^{2+}+2e \rightarrow Pb$$
$$2H^{+}+2e \rightarrow H_2$$

그러나 이 경우에도 실제로는 연의 환원석출과정만이 진행되고 수소가스가 발생하는 현상은 연의 농도가 매우 낮을 때에만 일어난다.

규불산연용액에서 조연을 전해정제할 때 조연속에 들어있던 불순물들은 각이하게 움직인다.

Au, Ag, Cu, Bi, Sb, As는 기본적으로 풀리지 않고 아연, 철, 카드미움은 연과 함께 풀려 전해액으로 넘어가지만 음극에는 석출되지 않고 액속에 농축된다.

석은 연과 함께 양극에서 풀리고 음극에 석출된다.

즉 석은 전해정제법으로 빼내지 못하는 성분이므로 양극에서 그의 함유량이 0.03%이상이면 전해에 앞서 미리 갈라내야 한다.

조연에 류화물과 산화물형태로 있는 산소 및 류황은 전해과정에 특별한 영향을 미치지 않는다.

② 연전해방법

연전해조는 동전해조와 비슷하게 생겼다. 양극은 탈동한 조연을 주조하여 만들며 질량은 100㎏정도이다.

음극은 조연을 전기분해하여 얻은 순수한 연을 녹여 얇은 판으로 주조하여 만드는데 크기는 양극의 치수보다 길이와 너비를 25mm정도씩 더 크게 한다.

그림 1-34에 연전해양극과 음극의 모양을 주었다.

음극판의 웃부분에는 동봉을 설치함으로써 전해가 계속됨에 따라 무거워지는 짐에 견디면서 전기전도성을 보장하게 하였다.

전해조 하나에 보통 양극 24장, 음극 25장을 넣는다.

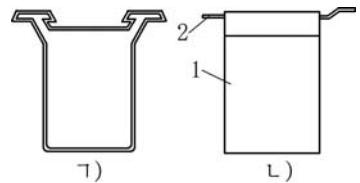
전류밀도에 따라 음극은 2~3일, 양극은 대체로 6일만에 한차례씩 바꾼다.

그림 1-34. 연전해양극과 음극의 모양
ㄱ-양극, ㄴ-음극;
1-음극연판, 2-동봉

연전해정제에서 지켜야 할 중요한 조건은 전해액의 조성, 전류밀도, 액순환속도, 전해액온도 등이다.

현재 쓰이는 전해액의 조성은 규불산연형태의 연이 50~90g/L, 유리규불산(H_2SiF_6)이 75~110g/L이다.

전류밀도는 100~200A/m^2범위로 하며 전해액의 온도는 30~40℃를 보장한다.

연전해에서 액의 순환속도는 양극의 질, 전류밀도, 액농도 및 온도

등에 따라 결정되는데 일반적으로 18~25L/min으로 하는것이 보통이다.

조연을 전해정제할 때 매끈하고 치밀한 음극전착물을 얻기 위하여 갖풀을 첨가제로 넣는다. 그의 소비량은 전기연 1t당 300~500g이다.

3. 아연생산

아연은 멘델레예브원소주기표 제12족에 속하며 원자번호가 30, 원자량이 65.41인 원소로서 푸른빛이 도는 흰색의 중금속이다.

금속아연의 밀도는 7 133kg/m^3(20℃에서), 녹음점은 419.5℃, 끓음점은 906.4℃이다.

아연은 우리 나라에서 생산되는 유색금속들가운데서 가장 많은 몫을 차지하는 금속으로서 인민경제 여러 부문에서 널리 쓰인다.

세계적으로 생산되는 아연의 절반은 도금용으로 쓰인다.

아연은 또한 합금원소로도 많이 쓰이며 여러가지 혼합물형태로도 쓰이고있다.

1) 아연생산원료와 그의 처리법

(1) 아연생산원료

지금까지 알려진 아연광물은 약 60종인데 여기서 류화광과 산화광이 기본이다.

아연의 주요광물들을 보면 섬아연광(ZnS), 탄산아연광($ZnCO_3$), 규산아연광(Zn_2SiO_4), 산화아연광(ZnO) 등이 있다.

아연광석은 독립적으로 있지 않고 보통 연-아연혼합광 때로는 동-아연광, 동-연-아연광 등의 다금속광석으로 존재한다.

그러므로 선광공정에서 이것들을 서로 갈라 각각의 정광들을 얻어 야금공정에 보낸다.

(2) 아연정광의 처리법

아연정광으로부터 금속아연을 생산하는 방법은 크게 건식야금법과 습식전해법으로 가른다.

건식야금법은 정광의 예비처리로부터 최종제품의 생산에 이르기까지 전체 공정을 높은 온도에서 진행하는 방법이며 습식전해법은 정광을 산화배소한 다음 류산용액으로 침출하고 전기분해하여 금속아연을 얻어내는 방법이다.

우리 나라에서는 주로 습식법에 의하여 아연을 생산한다.

2) 아연정광의 산화배소

아연정광을 습식전해법으로 처리하는 첫 공정은 정광의 산화배소이다.

아연정광을 산화배소하는 목적은

첫째로, 류화아연(ZnS)을 묽은 류산에 잘 풀리는 산화아연(ZnO)형태로 넘기자는데 있다.

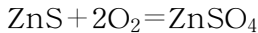
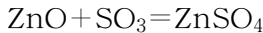
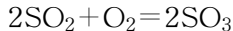
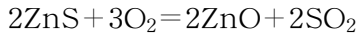
ZnS를 ZnO형태로 만들어야 차후에 진행하게 될 류산용액에 의하여 아연을 순조롭게 우려낼수 있다.

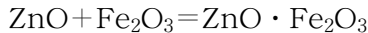
둘째로, 아연정광(ZnS)속의 류황을 아류산가스(SO_3)형태로 뽑아 류산이나 류황을 생산하자는데 있다.

(1) 배소할 때 진행되는 화학반응

① 류화아연의 움직임

아연정광을 산화배소할 때 ZnS는 산화되여 ZnO 또는 $ZnSO_4$으로 된다. ZnS의 산화반응들은 다음과 같다.

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$
$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$
$$ZnO + SO_3 = ZnSO_4$$
$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$

우의 산화반응들은 모두 센 발열반응이므로 아연정광의 배소는 외부에서 열을 받지 않고도 자체의 반응열에 의하여 충분히 진행될뿐아니라 오히려 열이 남아서 식혀야 한다.

형성된 산화아연은 600℃이상에서 산화철(Fe_2O_3)과 접촉하면 다음의 반응에 따라 철산아연을 형성한다.

$$ZnO + Fe_2O_3 = ZnO \cdot Fe_2O_3$$

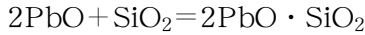
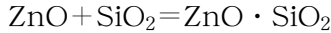
철산아연은 $2ZnO \cdot 3Fe_2O_3$, $4Zn \cdot Fe_2O_3$, $5ZnO \cdot Fe_2O_3$, $2ZnO \cdot Fe_2O_3$ 등의 여러가지 조성으로 형성된다.

철산아연은 약산성용액에 잘 풀리지 않으므로 아연소광침출공정에서 아연의 침출률을 낮추는 중요한 요인으로 된다.

그러므로 아연정광을 배소할 때 철산아연이 될수록 생기지 않도록 하여야 한다.

아연정광속에는 항상 약간한 량의 SiO_2이 들어있다.

이것은 아연정광을 배소할 때 비교적 높은 온도에서 여러가지 금속 규산연을 형성할수 있다.

$$ZnO+SiO_2=ZnO \cdot SiO_2$$
$$2PbO+SiO_2=2PbO \cdot SiO_2$$

이러한 규산연들은 소광을 침출할 때 산도가 낮은 용액에도 잘 풀리여 무수규산(H_2SiO_2)을 형성하고 용액의 가라앉히기와 거르기를 방해하는 나쁜 작용을 한다.

규산염들은 배소온도가 높을 때와 정광의 알굵기가 작을 때 그리고 아연정광에서 연과 SiO_2의 함유량이 높을 때 많이 생긴다.

② 다른 성분들의 움직임

아연정광에는 류화아연(ZnS)밖에도 FeS_2, Fe_7S_8, PbS, Cu_2S, CuS, $CuFeS_2$, $3Cu_2S \cdot Fe_2O_3$, Ag_2S, Ag_2S_3, $FeAsO_4$, Sb_2O_3 등이 들어있으며 이것들은 정광을 배소할 때 온도와 분위기에 따라 여러가지 화합물로 넘어간다.

FeS_2은 중성분위기에서 쉽게 FeS와 S로 해리되며 Fe_7S_8은 7FeS와 S로 해리된다. 이때 생긴 FeS는 산소에 의하여 $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, Fe_3O_4 및 Fe_2O_3 형태로 산화된다.

$FeSO_4$은 쉽게 해리되여 FeO로 되였다가 다시 Fe_3O_4 또는 Fe_2O_3까지 산화된다. PbS와 CdS는 ZnS와 비슷하게 움직여서 PbO_2, $PbSO_4$, CdO 및 $CdSO_4$을 형성한다.

$PbSO_4$은 800℃이상에서 해리되므로 배소온도가 충분히 높고 과잉공기가 충분히 보장될 때에는 모두 PbO, SO_2로 된다.

동의 류화물들($CuFeS_2$, CuS)은 높은 온도에서 해리되여 Cu_2S와 S로 되며 Cu_2S는 Cu_2O 및 CuO로 넘어간다.

CuO는 불안정한 산화물이기때문에 높은 온도에서 다시 분해되여 Cu_2O와 O_2로 된다.

동의 일부는 $CuSO_4$을 형성하나 550~600℃에서 분해되기 시작하여 800℃에서는 완전히 분해된다.

즉 동은 소광속에 Cu_2O형태로 있게 된다. Ag_2S는 배소할 때 Ag와 SO_2로 된다.

(2) **배소방법**

아연정광의 산화배소는 끓음식배소로에서 진행한다.

끓음식배소로의 구조는 동정광의 끓음식배소로와 같다.

끓음식배소로에서 아연정광을 배소하는 작업은 로의 불지피기와 멈추기 및 정상관리로 나누어볼수 있다.

아연정광끓음식배소로의 불지피기는 다음과 같이 한다.

① 새로 쌓거나 대보수한 로는 먼저 충분히 말리운다.

처음에 나무를 때서 24h동안에 100~120℃까지 4~5℃/h의 속도로 로안을 천천히 가열한다. 다음 24h동안에는 온도를 300℃까지 올리고 그다음 3일간은 400℃에서 유지한다. 이렇게 대체로 6일간의 말리기가 끝나면 로를 천천히 식힌다.

② 로안을 청소하고 바람주둥이상태를 검사하는 한편 불지피기조합물을 준비한다.

불지피기조합물은 잘 말리운 보드라운 정광과 소광을 3:1 또는 2:1로 섞어서 류황의 함유량이 8~12% 되도록 만든다.

③ 준비한 조합물을 로바닥 1m^{2}당 1t씩 고루 장입한다.

④ 바람을 보내면서 끓음층상태를 살핀다.

끓음상태가 좋을 때에는 끓음층이 수평을 유지하며 거기에 쇠막대기를 넣어 쉽게 휘저울수 있다.

⑤ 버너로 로안을 가열한다. 처음에는 1개로 가열하다가 2h씩 사이를 두고 2개의 버너를 더 살려 모두 3개의 버너를 가동시켜 로안의 온도를 900~1 000℃까지 높인다.

이때 버너의 불길이 될수록 장입물의 겉면을 스치도록 하여야 한다.

⑥ 로공간의 온도를 900~1 000℃에서 1.5~2h 유지한 다음 약 3min동안 바람을 보내서 장입물을 끓인다.

이때 장입물의 온도는 높아지고 로공간의 온도는 500℃까지 내려간다. 이런 조작을 7~8회 반복하면 조합물의 온도가 그것의 불일기온도인 500~600℃까지 높아진다.

⑦ 로의 온도가 정광의 발화온도에 이르면 바람을 정상상태로 보내면서 정광을 조금씩 장입한다. 정광의 장입속도는 1h당 2~2.5t정도로 한다.

⑧ 끓음층의 온도가 820~850℃로 올라가면 버너를 차례로 하나씩 끈다.

불지피기가 끝나 로의 온도가 점차 올라가서 880~920℃에 이르면 끓음층의 온도를 정상으로 유지하기 위하여 정광의 장입속도와 랭각수의 공급량을 조절한다.

아연정광의 끓음식배소로의 불지피기가 끝난 다음 배소과정의 정상관리로 넘어가는데 여기서 중요한것은 정광의 끓음상태와 끓음층의 온도를 정확히 보장하는것이다. 끓음층을 가장 안정한 상태로 보장하기 위해서는 바람의 속도를 끓음시작때 속도의 2~5배로 유지해야 하며 바람을 고루 불어넣어야 한다.

정광층의 끓음상태는 바람의 속도에 관계될뿐아니라 로안의 온도가 지내 높아 장입물이 엉켜붙어서 바람주둥이가 제구실을 못할 때 나빠진다.

끓음층의 온도를 정확히 유지하는것은 로의 생산성과 소광의 질을 높이는데서 중요한 의의를 가진다.

끓음층의 온도는 900~950℃로 유지하여야 하는데 만약 980~1 000℃이상으로 높아지면 소광이 녹아 엉키며 로바닥에 가라앉는다.

그러면 바람주둥이가 메고 장입물이 끓지 못하며 로의 생산성도 떨어진다. 또한 배소되지 않은 정광들도 녹아서 소광과 엉키며 철산염과 규산염이 많이 생겨남으로써 소광의 질도 떨어진다.

아연정광의 끓음식배소공정관리에서 중요한것은 또한 남는 열을 회수리용하며 배소가스중에 있는 SO_2의 농도를 높여 류산생산에 유리한 조건을 지어주는것이다.

배소가스중 SO_2의 농도를 높이려면 단위시간당 정광의 처리량을 늘이고 헛바람을 막으며 산소농화공기를 써야 한다.

배소공정의 기본생성물들은 아연소광, 가스 및 먼지이다.

배소가스는 SO_2을 5~6% 함유하므로 류산생산공정에 보낸다.

(3) 아연소광의 침출 및 류산아연용액의 정제

배소공정에서 넘어온 아연소광과 먼지로부터 아연을 류산용액으로 침출하여 류산아연용액을 얻은 다음 함께 용해된 불순물들을 빼내고 용액을 정제하여 아연전해액을 만드는것이 이 단계의 과업이다.

① 아연소광의 침출

아연소광침출공정에서는 소광속의 아연을 최대로 용해시키면서도 불순물들은 될수록 적게 용해되도록 하여야 한다. 이런 요구조건을 만

족시키기 위하여 아연소광의 침출을 위한 여러가지 방법들이 제기되였는데 흔히 중성침출과 산성침출의 2단침출법을 쓰고있다.

그림 1-35에 2단침출법을 쓰는 습식아연생산의 표준기술공정도를 주었다.

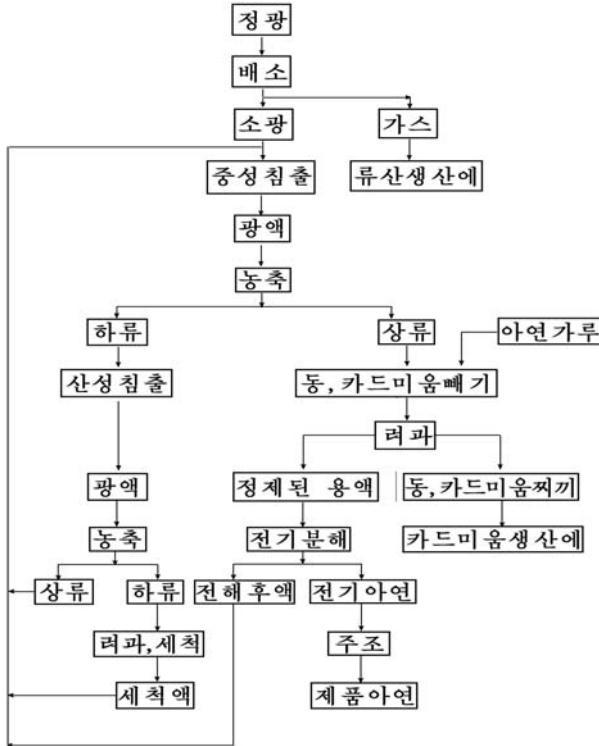



그림 1-35. 습식아연생산

중성침출의 과업은 소광속의 용해되기 쉬운 아연을 묽은 류산용액으로 침출하고 불순물이 적은 깨끗한 류산아연용액을 얻는것이다.

중성침출에서는 처음 산도가 높지 않을뿐아니라 소광속의 용해되기 쉬운 산화아연이 용해되면서 류산이 중화된다.

중성침출공정의 마감산도는 pH=5.2~5.4이다.

그리하여 물작용분해가 일어나면서 Fe^{3+}, As, Sb 등이 침전되여 찌끼로 된다.

산성침출의 과업은 소광속의 아연을 최대로 용해시키는것이다.

산성침출에서는 마감에도 일정한 산이 남도록 작업한다.

즉 중성침출찌끼를 전해후액과 류산을 섞은 산도가 높은 류산용액으로 침출한다.

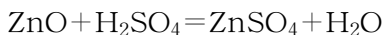
이때 산에 용해될수 있는 아연은 최대로 용해된다.

그러나 산성침출의 마감산도를 지내 높이면 중성침출공정에서 물작용분해되여 침전되였던 불순물들이 다시 용해될수 있으므로 주의하여야 한다.

아연소광을 침출할 때 진행되는 반응들을 보면 다음과 같다.

아연소광속에 아연은 ZnO, $ZnSO_4$, ZnS, $ZnO \cdot Fe_2O_3$, $ZnO \cdot SiO_2$ 등의 형태로 있다.

류산아연은 그대로 물에 풀리며 ZnO는 류산과 작용하여 류산아연을 형성하고 용해된다.

$$ZnO+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2O$$

ZnS는 중성 및 산성침출공정에서 용해되지 않고 찌끼로 간다.

철산아연형태의 아연은 산성침출조건에서만 일부 용해된다.

류산아연형태의 아연은 묽은 류산에도 잘 용해된다.

철소광속에 철은 대부분 Fe_2O_3형태로 있거나 철산염형태로 있다.

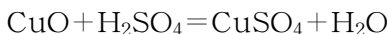
그밖의 일부는 Fe_3O_4형태로도 있고 극히 적은 량은 FeO형태로도 있다. 소광을 침출할 때 주로 FeO가 용해되고 부분적으로 Fe_2O_3이 용해된다.

비소, 안티몬은 소광속에 보통 As_2O_3, $FeO \cdot As_2O_5$, Sb_2O_3, $FeO \cdot Sb_2O_5$형태로 있다.

침출할 때 비소는 비산 또는 아비산을 형성하면서 용해된다.

안티몬도 이와 비슷하게 움직인다.

동, 카드미움, 코발트, 니켈, 알루미니움 등은 중성침출에서는 거의 용해되지 않고 산성침출에서 다음의 반응에 따라 용해된다.

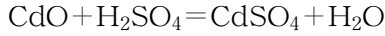
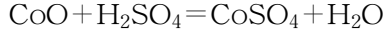
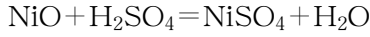
$$CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O$$

소광속의 동은 약 절반이 용해되고 나머지는 찌끼로 간다.

소광속에 CdO형태로 있던 카드미움은 다음 반응에 따라 약 40%가 용해되고 나머지는 찌끼로 간다.

$$CdO + H_2SO_4 = CdSO_4 + H_2O$$

니켈과 코발트는 다음 반응에 따라 용해된다.

$$NiO + H_2SO_4 = NiSO_4 + H_2O$$

$$CoO + H_2SO_4 = CoSO_4 + H_2O$$

연, 칼시움, 바리움 등은 침출할 때 난용성류산염을 형성하면서 찌끼로 간다.

아연소광을 중성 및 산성침출하는 주요작업내용을 보면 다음과 같다.

예비용해조에서 나온 광액은 먼저 분급기에 들어간다.

그림 1-36에 분급기의 략도를 주었다.

분급기에서 굵은 알갱이들은 아래로 가라앉고 보드라운 소광알갱이들은 우로 넘어나는 일류액을 따라나간다. 분급기일류액은 중성용해조에 들어간다.

그림 1-37에 중성용해조의 략도를 주었다.

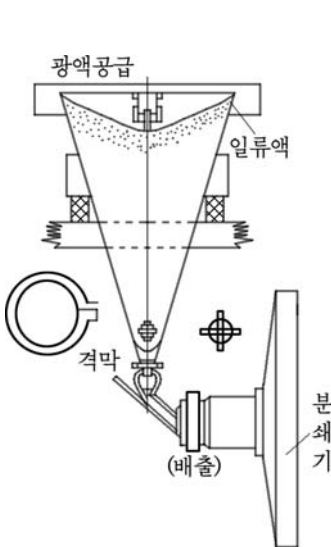



그림 1-36. 분급기의 략도

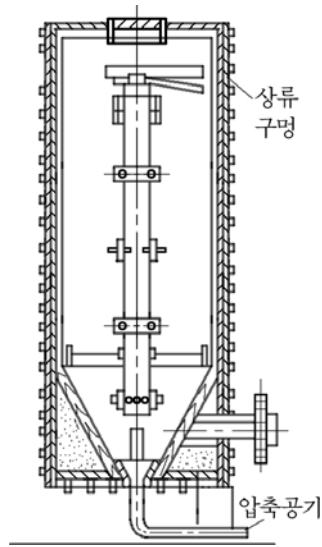
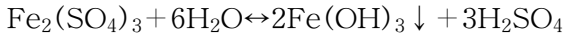



그림 1-37. 중성용해조략도

중성용해조에서는 밑으로부터 압축공기를 불어넣어 광액을 교반한다.

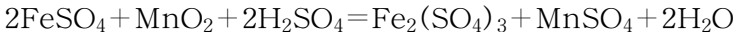
예비용해조와 중성용해조에서는 처음에 소광속의 산화아연과 기타 묽은 산에 용해되는 화합물이 용해되면서 시간이 흐를수록 류산의 농도가 낮아지고 용액이 중화됨에 따라 철과 기타 불순물들이 물작용분해되여 침전되는 과정이 진행된다.

$$Fe_2(SO_4)_3+6H_2O \leftrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow+3H_2SO_4$$

그러므로 중성침출공정에서는 마감산도를 잘 조절하여 여러가지 불순물들을 물작용분해시켜 빼버리는것이 중요하다.

습식전해법에 의한 아연생산공정에서는 보통 아연의 농도를 110~130g/L로 보장하므로 아연이 물작용분해되지 않고 다른 불순물들만 물작용분해되도록 하기 위하여서는 pH를 5.4~5.6이상 높여서는 안된다.

또한 철은 Fe^{2+}와 Fe^{3+}상태로 용액에 존재하는데 이가운데서 Fe^{3+}만이 낮은 pH에서도 물작용분해되므로 침출액에 산화제로서 MnO_2을 넣어서 Fe^{2+}를 미리 Fe^{3+}로 산화시켜야 한다.

이때 산화반응은 다음과 같이 진행된다.

$$2FeSO_4+MnO_2+2H_2SO_4=Fe_2(SO_4)_3+MnSO_4+2H_2O$$

이 반응을 위하여 일정한 량의 류산이 필요하므로 MnO_2을 산성용해조에 넣는다.

중성침출에서 Fe^{3+}와 함께 비소, 안티몬, 게르마니움, 갈리움, 인디움 등이 기본적으로 없어진 침출액이 얻어진다.

중성용해조에서 나온 광액은 중성농축기에 보내여 정침시켜서 감탕층(중성농축기하류)은 아래로 뽑고 맑은 액(중성상류)은 우로 넘겨 정제공정에 보낸다.

중성농축기의 하류는 여러개의 산성용해조(구조는 중성용해조와 같다.)에서 련속적으로 침출한다. 이때 류산의 농도는 첫 용해조에서 H_2SO_4 8~10g/L이고 마감용해조에서 H_2SO_4 5g/L이하이다.

산성용해조에서 나온 광액은 산성농축기에 들어가서 하류와 상류로 갈라진다. 산성농축기의 구조는 중성농축기와 같다.

산성농축기상류는 중성예비용해조에 보내며 하류는 진공려과기에서

려과하고 세척한다.

농축기의 략도를 그림 1-38에 주었다.

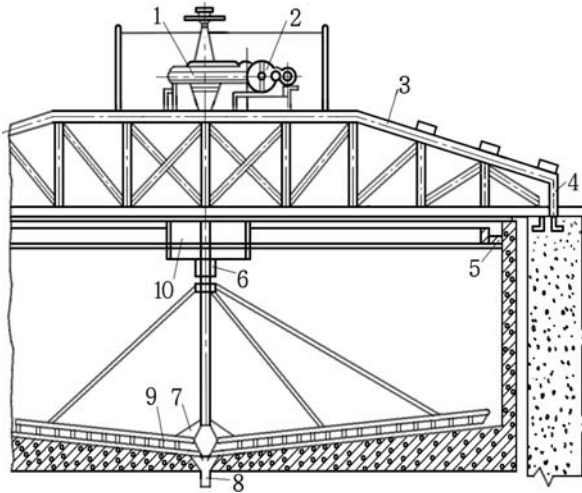



그림 1-38. 농축기의 략도

1,2-감속기, 3-농축기다리, 4-다리의 기초볼트,
5-물넘이턱, 6-카프링, 7-긁개의 련결부후란지,
8-감탕을 빼내는 구멍, 9-긁개, 10-광액분배통

이때 나오는 려과액과 세척액은 침출공정에 되돌려쓰고 찌끼는 그 안에 들어있는 아연과 기타 성분들을 뽑아내기 위하여 다시 처리한다.

아연소광침출공정의 기본산물은 중성상류와 아연찌끼이다.

② 류산아연용액의 정제

중성침출공정에서 얻어진 중성상류액에는 일련의 불순물들이 들어있으며 이것들은 아연을 전기분해법으로 생산할 때 전류효률을 낮추거나 음극아연의 질을 나쁘게 하며 지어는 전기분해를 불가능하게 하는 등 나쁜 작용을 한다.

그러므로 불순물들을 빼버리기 위한 용액의 정제작업을 하여야 한다.

중성침출에서 얻어진 류산아연용액에서 불순물을 빼내고 용액을 정제하는 방법으로 물작용분해법, 치환석출법, 화학적침전법 등이 쓰이고 있다.

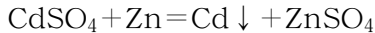
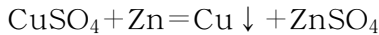
물작용분해법에 의한 불순물빼기는 이미 중성침출공정자체에서 진

행된것으로 되며 치환석출법은 동과 카드미움을 빼내는데, 화학적침전법은 코발트를 빼내는데 쓴다.

① 동과 카드미움빼내기

중성농축기상류를 처음에 기계식교반기가 달린 탈동조에 보내고 여기에 아연가루를 넣은 다음 50~60℃에서 1h동안 교반하고 려과하는 방법으로 동과 카드미움을 빼낸다.

이 방법의 원리는 전기화학적으로 보다 음전성인 아연에 의하여 양전성인 동과 카드미움을 치환석출시키는것이다.

$$CuSO_4 + Zn = Cu\downarrow + ZnSO_4$$
$$CdSO_4 + Zn = Cd\downarrow + ZnSO_4$$

치환석출률에 영향을 주는것은 아연가루의 알굵기와 온도이다.

아연가루가 보드라울수록 석출속도가 빨라지고 치환석출률이 높아지며 아연가루의 소비량도 적어진다.

치환석출공정에서 동은 흔적까지, 카드미움은 1mg/L까지 낮출수 있다.

탈동작업이 끝나면 광액을 려과기에서 려과한다.

려과액은 코발트를 빼는 공정에 보내고 동, 카드미움찌끼는 카드미움생산공정에 보낸다.

② 코발트빼내기

류산아연용액속의 코발트는 화학적방법으로 침전시켜 빼낸다.

코발트를 빼내는데 여러가지 방법들이 쓰이고있는데 그중의 하나가 α-니트로조-β-나프톨법이다.

α-니트로조-β-나프톨법에서는 가성소다와 아질산소다에 β-나프톨을 풀어서 정제할 류산아연용액에 넣는다.

용액의 산도를 H_2SO_4 0.1~0.3g/L로 맞춘 다음 2~4h 교반한다.

이때 코발트가 α-니트로조-β-나프톨코발트형태로 침전된다.

류산아연용액을 정제하는 공정에서는 전해정액, 동, 카드미움찌끼 및 코발트찌끼가 얻어진다.

3) 아연전해

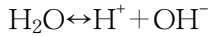
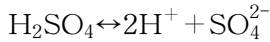
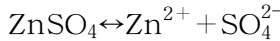
정제된 류산아연용액을 전기분해하여 금속아연을 생산한다.

아연의 전기분해는 동의 전기분해와는 달리 전해채취과정이므로 전력을 많이 소비한다.

따라서 아연전해공정에서는 질좋은 아연을 많이 생산하면서 전력소비를 극력 낮추는것이 중요하다.

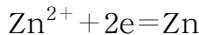
(1) 아연전해원리

아연전해액은 아연의 농도가 50~60g/L, 류산의 농도가 110g/L 정도인 류산아연용액이다. 따라서 전해액속에서 매개 성분들은 다음과 같이 해리되여있다.

$$ZnSO_4 \leftrightarrow Zn^{2+} + SO_4^{2-}$$
$$H_2SO_4 \leftrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$
$$H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$$

아연전해에서 양극으로는 전해과정에 용해되지 않는 은을 1%정도 함유한 연판을, 음극으로는 금속알루미니움판을 쓴다.

① 음극과정

방전될수 있는 양이온으로서 Zn^{2+}, H^+의 두가지가 있는데 일반적원리로 보면 H^+가 먼저 방전되여 수소가스로 빠질것 같지만 실제로는 Zn^{2+}이 방전되여 금속아연이 음극에 석출되는 과정이 위주로 진행된다.

$$Zn^{2+} + 2e = Zn$$

이렇게 되는것은 수소이온이 과전압때문에 항상 표준전위보다 높은 전위에서 방전되기때문이다.

일반적으로 과전압(η)이란 전기분해할 때 주어진 재질의 전극이 어떤 이온을 석출시키는데 필요한 실제전위($E_{방}$)와 그 이온의 표준전위(E_0)의 차를 말한다. 즉

$$\eta = E_{방} - E_0$$

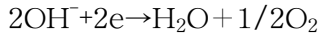
수소과전압의 크기는 음극의 재질, 결면상태, 전해액의 온도 및 전해액에 넣는 첨가제 등의 영향을 받는다.

음극의 결면이 매끈하지 못하면 수소과전압이 낮아지며 전해액의 온도가 높아져도 수소과전압이 낮아진다.

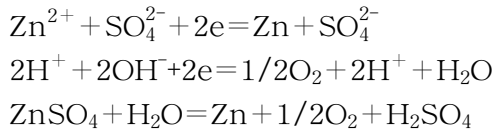
아연전해에서는 수소과전압이 될수록 높아야 수소가 방출하지 못하고 전류효률을 높일수 있으므로 전해액을 랭각시키고 전류밀도를 높이며 콜로이드첨가제를 넣고 음극을 매끈하게 만들어야 한다.

② 양극과정

양극에서는 다음 반응에 따라 산소가 나온다.

$$2OH^{-}+2e \rightarrow H_2O+1/2O_2$$

양극연이 $Pb-2e \rightarrow Pb^{2+}$반응에 따라 용해될수 있으나 실제로는 양극겉면에서 발생하는 산소에 의하여 산화되여 안정한 PbO_2의 껍질이 형성되므로 용해되지 않고 산소만이 방출된다.

따라서 아연전해과정을 종합적으로 다음과 같이 쓸수 있다.

$$Zn^{2+}+SO_4^{2-}+2e=Zn+SO_4^{2-}$$
$$2H^{+}+2OH^{-}+2e=1/2O_2+2H^{+}+H_2O$$
$$ZnSO_4+H_2O=Zn+1/2O_2+H_2SO_4$$

결국 전해가 진행됨에 따라 용액속에서 아연의 농도는 낮아지고 류산농도는 높아지며 양극에서는 산소가 나오고 음극에서는 아연이 석출된다.

전해과정을 계속 진행시키려면 전해액속에서 류산과 아연의 농도를 일정하게 유지하여야 하므로 한쪽으로는 중성인 전해전액을 넣어주고 다른쪽으로는 전해후액을 그만큼 빼내야 한다.

(2) 아연전해에서 전류효률을 높이고 전력소비를 낮추기 위한 대책

아연전해는 전력을 많이 쓰는 공정이므로 전력소비를 낮추는데 큰 관심을 돌려야 한다.

아연전해에서 전력소비량을 낮추려면 전류효률을 높이고 전해조전압을 낮추어야 한다.

아연전해에서 전류효률에 영향을 주는것은 전해액속의 아연과 류산의 농도, 전류밀도, 전해액의 온도, 음극의 겉면상태, 전해액속의 불순물의 종류와 농도 등이다.

전해액의 산도가 높아지고 아연농도가 낮아지면 수소과전압이 낮아지며 석출된 금속아연이 다시 용해되므로 전류효률이 낮아진다.

전류밀도가 높아지면 수소과전압이 커져서 전류효률이 높아진다.

전해액의 온도가 높아지면 수소과전압이 낮아지므로 전류효률이 떨어진다. 따라서 랭각대책을 세워 전해액의 온도를 35℃이하로 보장해야 한다.

전해액속의 불순물들은 아연전해에 큰 영향을 미친다.

철은 음극아연의 질에는 영향을 주지 않으나 전류효률을 낮춘다.

비소, 안티몬 및 게르마니움은 아연전해에서 가장 해로운 불순물로서 전류효률을 낮추며 음극아연의 질을 떨군다.

동, 코발트, 니켈 등은 음극에 석출되여 그 부근에서 수소과전압을 낮추는 한편 음극아연을 다시 용해시키므로 전류효률을 낮춘다.

그러므로 일반적으로 아연전해에서 전해액속의 불순물의 허용농도를 다음과 같이 제한하고있다.

Cu < 0.5mg/L, Fe < 50mg/L, Mn < 3~1.5mg/L, Sb < 0.1mg/L, As<0.1mg/L, Ge<0.1mg/L, Co<5~10mg/L, Ni< 1mg/L, F<50mg/L, Cl<30~100mg/L

(3) 아연전해설비와 전해작업

① 아연전해설비

아연전해를 위한 기본설비는 전해조, 음극, 양극 및 랭각설비이다.

전해조는 철근콩크리트로 만들고 내산안붙임을 하거나 경질수지판으로 만든다. 그림 1-39에 아연전해조의 략도를 주었다.

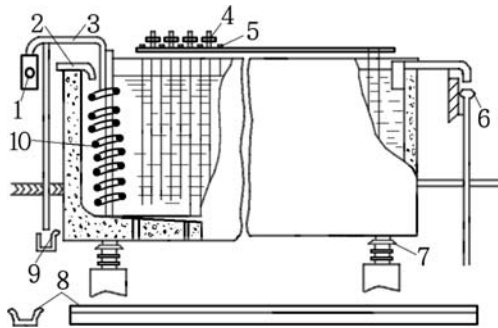



그림 1-39. 아연전해조의 략도

1-고무관, 2-전해액공급관, 3-랭각수관, 4-음극, 5-양극, 6-전해후액배출관, 7-절연애자, 8-전해후액을 모으는 수채, 9-랭각수수채, 10-랭각수경사관

양극은 은을 1% 함유하는 연합금으로 만든다.

이런 합금은 순연보다 전기전도도가 높고 수명이 길며 굳고 잘 구부러지지 않으므로 전해할 때 극사이거리를 정확히 보장할수 있게 한다.

또한 양극겉면은 매끈하게 하지 않고 오목오목하게 하며 질량을 줄이고 겉면적을 크게 한다.

음극은 두께 2.5~5mm인 알루미니움판으로 만들며 양극보다 20~25mm^2씩 더 넓고 길게 만든다. 음극은 겉면이 매끈하고 굳어야 한다.

전해액의 랭각설비로는 연이나 알루미니움으로 만든 랭각수관도 쓰고 탑식랭각기, 진공증발식랭각기 등도 쓴다.

랭각설비는 전해과정에 덥혀지는 전해액의 온도를 낮춤으로써 수소과전압을 높이는 사명을 수행한다.

② 전해작업

아연전해에서 중요한것은 전해후액의 농도를 정확히 보장하는것이다.

보통 전해후액에서 류산의 농도를 90~120g/L, 아연의 농도를 45~75g/L로 한다.

전해액의 산도와 아연의 농도에 따라 액의 밀도가 변하므로 실제 전해작업에서는 밀도계로 전해액의 산도변화를 판단한다. 또한 전해조안의 모든 곳에서 산도와 아연의 농도를 일정하게 보장하기 위하여 전해액을 잘 교반해주어야 하는데 이를 위하여 전해액을 계속 순환시킨다.

아연전해작업에서 또한 중요한것은 음극아연을 떼내는것이다.

작업조건에 따라 다를수 있으나 음극아연은 보통 24h에 한번씩 떼낸다. 이때 전해조에서 음극을 들어올리고 알루미니움음극판에 붙은 아연전착물을 떼여낸 다음 접촉부를 잘 닦고 다시 전해조에 넣는다.

떼여낸 음극아연은 두께 1~2mm인 얇은 판이다.

이것을 저주파유도로에서 녹여 주형에 부어 형아연으로 만들어서 수요자에게 보낸다. 음극아연을 녹일 때 웃겉이가 생기지 않도록 하기 위하여 염화암모니움을 덮는다.

련습문제

1. 동생산공정에 대하여 말해보아라.
2. 연생산공정에 대하여 말해보아라.
3. 아연생산공정에 대하여 말해보아라.

제2장. 금속가공

제1절. 열처리

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《기계공업부문에서는 주물과 열처리, 가공에 힘을 넣어 기계제품의 질을 한계단 높여야 하겠습니다.》

기계설비의 질을 높이는것은 인민경제발전을 촉진시키는데서 매우 중요한 의의를 가진다.

열처리를 잘하면 기계제품의 수명을 훨씬 늘일수 있고 귀중한 합금강대신 보통강철을 써서 질좋은 여러가지 기계설비들을 만들어낼수 있다.

따라서 열처리에 대한 깊은 지식을 가지기 위하여 노력해야 한다.

1. 열처리에 대한 개념과 철-탄소합금상태도

1) 열처리에 대한 일반적개념

열처리란 금속을 일정한 온도까지 가열하고 유지하였다가 여러가지 매질속에서 여러가지 랭각속도로 랭각시켜 그의 조직과 성질을 개선하는 가공방법을 말한다.

열처리에 의하여 금속재료의 세기와 굳기 등 기계적성질을 훨씬 높일수 있고 선반과 같은 금속절삭기대에서 잘 깎이지 않는 금속을 잘 깎이게 할수도 있으며 압연하거나 단조하기 힘든 금속을 잘되게 할수도 있다.

또한 열처리에 의하여 금속이 잘 닳지도 않게, 잘 삭지도 않게 할수 있다.

그러므로 같은 재료로 만든 기계부분품이라도 열처리를 부분품의 특성에 맞게 잘하면 그것의 사용수명을 늘이고 부분품의 크기와 질량을 줄일수 있으므로 재료를 많이 절약하면서도 기계제품의 질을 훨씬 높일수 있다.

실례를 들면 우리가 흔히 보는 치차에 겉면열처리를 적용하면 그 수명을 2~3배로 늘일수 있다.

열처리는 일반적으로 다음과 같은 공통적인 세 단계를 거쳐 진행한다.

① 주어진 온도까지 가열하기

② 그 가열온도에서 일정한 시간 유지하기

③ 일정한 랭각속도로 식히기

열처리는 금속재료를 가열하고 랭각할 때 진행되는 조직변화와 그것에 의한 성질변화에 기초하고있다.

강철의 열처리방법에는 소둔, 소준, 소경, 소려가 있다.

례를 들면 상변태이상의 온도까지 가열하고 일정한 시간 유지한 강철을 천천히 식히면 소둔되고 공기속에서 좀 더 빨리 식히면 소준되며 물이나 기름속에서 빨리 식히면 소경된다.

이밖에 제품겉면에 이러저러한 합금원소를 확산침투(합금원소를 제품겉면에 스며들게 하는것)시키는 화학적열처리가 있다.

열처리에 의해 금속의 성질을 넓은 범위에서 조절할수 있기때문에 열처리의 리용분야는 더욱 넓어지고있으며 새로운 열처리기술이 광범히 응용도입되고있다.

2) 철-탄소합금상태도

열처리는 강철의 조직과 성질을 변화시키는 기술공정이다.

강철의 조직변화과정은 곧 성질변화과정이다.

이러한 강철의 조직변화과정을 알자면 강철의 조직에는 어떤것들이 있으며 그의 성질은 어떠한가를 잘 알아야 한다.

그러면 철과 탄소의 합금인 강철과 주철의 조직에 대하여 보자.

(1) 철-탄소합금의 기본조직

우선 철-탄소합금이란 무엇인가를 먼저 보기로 하자.

합금이란 두개이상의 금속원소 또는 금속원소와 비금속원소(C, N 등)로 이루어진 금속성물질을 말한다.

철-탄소합금은 철과 탄소와의 합금이다.

합금에서 질량적으로 더 많이 들어가는 원소를 바탕금속, 적게 들어가는 원소를 합금원소라고 한다.

그러면 왜 이런 합금이라는것이 나오게 되였는가.

우리가 여기서 말하는 철은 순수한 철을 말한다.

즉 멘델레예브원소주기표에서 Fe는 원자번호가 26이고 원자량이 55.8인 4주기 7족의 원소이다.

철의 성질을 보면 밀도 7 900kg/m^3, 굳기(HB)=800MPa, 녹음점

1 539℃, 늘임률(δ)=50%, 끓음점 2 800℃, 자름면수축률(ψ)=80%, 세기한계($\sigma_{세}$)=250MPa이다.

철의 성질에서 보는것처럼 철은 인성과 가소성은 좋지만 세기와 굳기는 매우 낮아 기계제작용재료로는 불가능하다.

따라서 철은 그대로 쓰지 못하고 탄소를 넣어서 쓰게 한다.

철에 탄소를 약간만 넣어도 그의 성질이 비약적으로 변한다.

이때 넣어주는 탄소량에 따라 강철과 주철로 나누는데 C=0~2.14%까지는 강철이라고 하며 그이상 즉 C≧2.14%일 때는 주철이라고 한다.

그러면 우리가 흔히 보는 강철과 주철이 어떤 조직들로 이루어져있는가를 보자.

강철과 주철은 6개의 조직 즉 훼리트, 쎄멘티트, 오스테니트, 뻬를리트, 레데부리트, 흑연으로 되여있다.

① 훼리트

훼리트는 철속에 탄소가 매우 적게 들어간 조직을 말한다.

훼리트는 매우 질기고 무른 조직이므로 철과 비슷한 성질을 가진다.(HB=800MPa) 훼리트가 이런 성질을 가지는것은 훼리트안에 탄소가 매우 적기때문이다.

일반적으로 탄소함유량이 높으면 높을수록 굳기와 세기는 높아지고 가소성은 작아진다.

훼리트에 들어갈수 있는 탄소량은 온도가 높아짐에 따라 많아지는데 방안온도(20℃)에서는 0.006%, 727℃에서는 0.025%밖에 들어가지 못한다.

② 오스테니트

훼리트보다 좀 더 굳은 조직이다.

오스테니트는 훼리트보다 탄소를 고용하는 능력이 더 크다.

오스테니트에 들어갈수 있는 탄소량은 727℃에서 0.83%, 1 147℃에서는 2.14%이다. 굳기는 HB=1 600~2 000MPa이며 훼리트보다는 못하지만 가소성도 좋은 조직이다.

③ 쎄멘티트(Fe_3C)

쎄멘티트는 철과 탄소의 화합물이다. 즉 3개의 철원자와 1개의 탄소원자가 결합되여 이루어진 화합물이다.

쎄멘티트는 화합물로서 철 또는 탄소의 결정구조와 전혀 다른 복잡한 구조를 가지고있으며 그 성질도 특이하다.

Fe_3C(HB=8 000MPa)는 매우 굳고 늘어나는 성질은 거의 없으며 따라서 쉽게 바스러진다.

④ 뻬를리트

뻬를리트는 훼리트와 쎄멘티트의 기계적혼합물이다.

기계적혼합물이란 두 성분 즉 금속과 금속, 금속과 비금속이 서로 결합할 때 제각기 자기의 고유한 결정구조를 보존하면서 기계적으로 섞여있는 합금을 말한다.

실례를 들면 모래와 자갈이 섞여있는 경우를 들수 있다.

뻬를리트는 이처럼 두 성분의 혼합물이기때문에 뻬를리트안의 훼리트량이 많으면 연하고 잘 늘어나는 성질을 가지게 되며 훼리트보다 쎄멘티트가 더 많으면 굳고 바스러지는 성질이 더 커진다.

또한 뻬를리트의 성질은 그것을 이루고있는 훼리트와 쎄멘티트의 모양에도 관계되는데 쎄멘티트알갱이가 작을수록, 쎄멘티트알갱이의 모양이 구에 가까울수록 늘어나는 성질(가소성과 인성)은 더 좋아진다.

⑤ 레데부리트

철-탄소합금에는 레데부리트라는 조직도 있는데 이것 역시 쎄멘티트와 같이 매우 굳고 잘 바스러지는 조직이다.

굳기는 HB≧7 000MPa이다.

레데부리트는 강철에는 생기지 않고 주철에서만 생기는 조직이다.

레데부리트는 방안온도로부터 727℃까지는 뻬를리트와 쎄멘티트의 기계적혼합물로 되여있고 727℃이상의 온도에서는 오스테니트와 쎄멘티트의 기계적혼합물로 되여있다.

즉 727℃우에서는 오스테니트+쎄멘티트로, 727℃아래에서는 뻬를리트+쎄멘티트로 존재한다.

⑥ 흑연

흑연도 역시 주철에서만 생기는 조직이다.

흑연은 탄소가 륙방결정살창을 이루면서 모인 탄소결합체이다.

굳기가 HB=20~50MPa로서 매우 무르고 약한 조직이다.

주철은 백색주철과 회색주철로 나누는데 백색주철에는 탄소가 쎄멘티트형태로 결합되여있고 회색주철에는 흑연형태로 존재한다.

철-탄소합금상태도는 이 6개의 조직들이 모여 이루어진것인데 이것들은 단상조직으로 있기도 하고 다른 조직과 함께 있기도 하면서 철-탄소합금을 이룬다.

(2) 철-탄소합금상태도

철-탄소합금상태도란 온도 및 화학조성의 변화에 따르는 철-탄소합금의 조직변화과정을 보여주는 그림을 말한다.

Fe-C계상태도는 그림 2-1과 같다.

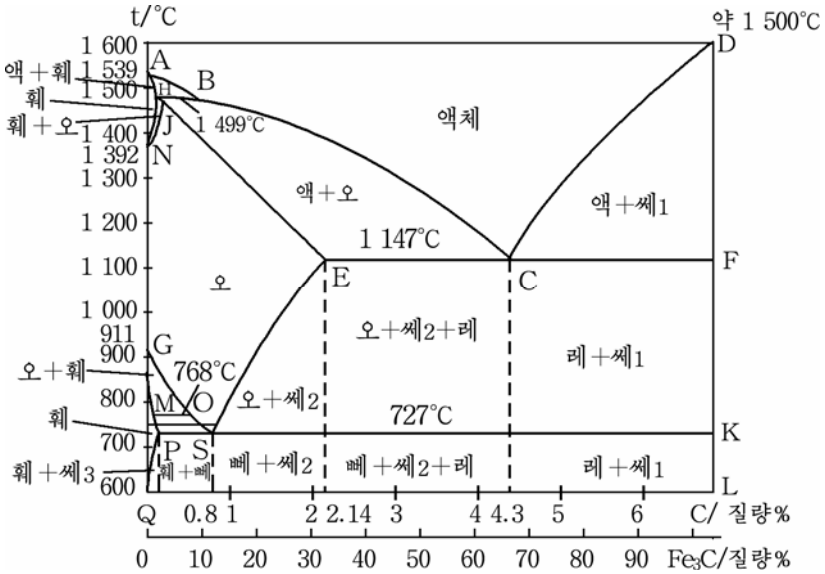



그림 2-1. 철-탄소합금상태도

즉 철과 탄소의 합금인 강철이나 주철이 주어진 온도에서 어떤 조직으로 되여있으며 온도변화에 따라 어떤 변태가 일어나겠는가, 탄소량이 많아지면 조직이 어떻게 달라지는가 등 합금이 이루어지는 전 과정을 그려놓은것이 바로 철-탄소합금상태도이다. 따라서 열처리에 의해 요구되는 성질을 얻자면 강철이 어떤 재질로 되여있는가를 먼저 알고 철-탄소합금상태도에서 해당한 변태온도를 찾으면 된다. 금속학이나 열처리에서 철-탄소합금상태도가 가지는 의의는 화학에서 멘델레예브원소주기표가 가지는 의의보다 결코 못하지 않다.

철-탄소합금상태도는 두가지 즉 Fe-Fe_3C계(철-쎄멘티트계)와 Fe-C계(철-흑연계)로 나누어 고찰한다. 그것은 탄소가 철속에서 두가지 형태로 존재하기때문이다. 강철과 백색주철을 고찰할 때에는 Fe-Fe_3C계를 보고 회색주철을 고찰할 때에는 Fe-C계를 본다.

여기에서는 Fe-Fe_3C계에 대해서만 보기로 한다.

철-탄소합금상태도의 점과 선

철-탄소합금상태도에 대하여 파악하자면 상태도의 매 점들과 선들의 의미를 먼저 알아야 한다.

-림계점(변태점)

림계점이란 금속이나 합금의 물리화학적성질이 비약적으로 변하는 온도를 말한다. 즉 금속이나 합금의 성질이 변화되는 온도를 말한다.

열처리에 의해 강철의 성질을 변화시킬수 있는것은 바로 이러한 변태점들에서 가열하거나 식힐 때 조직들의 변화가 일어나기때문이다.

철-탄소합금상태도에는 5개의 림계점들이 있다.

A_0(210℃): 쎄멘티트의 자성변태점

A_1(727℃):가열할 때 뻬를리트가 오스테니트로 변태하고 식힐 때에는 그 반대로 된다.

A_2(768℃):훼리트의 자성변태점이다. 이 온도우에서 강철은 상자성체이다.

A_3(911~727℃):훼리트가 오스테니트로의 변태가 끝나는 온도이다.

A_4(1 392~1 499℃):달굴 때 오스테니트가 훼리트(δ-Fe)로 변태되기 시작하는 온도이다.

철-탄소합금상태도에서 림계점들의 위치를 보면 A_1은 PSK선, A_2은 MO선, A_3은 GS선, A_4은 JN선으로 표시된다.

철-탄소합금상태도에 표시되여있는 매 점들의 온도와 탄소량은 표 2-1과 같다.

매 점들의 온도와 탄소량 표 2-1

점	온도/℃	탄소량/%	점	온도/℃	탄소량/%
A	1 539	0	J	1 499	0.16
B	1 499	0.5	K	727	6.67
C	1 147	4.3	L	상온	6.67
D	1 550	6.67	N	1 392	0
E	1 147	2.14	P	727	0.025
F	1 147	6.67	Q	상온	0.006
G	911	0	S	727	0.83
H	1 499	0.1			

※ 상온이란 방안온도(약 20℃)를 의미한다.

-철-탄소합금상태도의 선들

가로축은 철과 탄소의 함유량을, 세로축은 온도를 나타낸다.

ABCD(액상선): 액체로부터 고체결정이 나오기 시작하는 선을 말한다.

AHJECF(고상선): 1차결정화 즉 액체금속이 고체금속에로의 결정화가 끝나는 선이다.

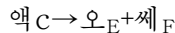
이 선아래에서는 고체결정이 존재한다.

HJB(포정선), J(포정점): 포정반응이 일어나는 선과 점이다.

포정반응이란 액체로부터 생긴 고체결정과 액체가 반응하여 새로운 고체결정이 생기는 반응을 말한다.

ECF(공정선), C(공정점): 공정반응이 일어나는 선과 점이다.

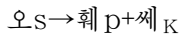
공정반응이란 액체로부터 직접 두개의 고체결정이 생기는 반응을 말한다. 즉

$$액_C \rightarrow 오_E + 쎄_F$$

C점의 탄소량을 가진 액체로부터 E점의 탄소농도를 가진 오스테니트와 F점의 탄소농도를 가진 쎄멘티트가 생긴다.

PSK(공석선), S(공석점): 공석반응이 일어나는 점이다.

공석반응이란 한 고체상으로부터 두개의 새로운 고체상이 생기는 반응을 말한다.

즉

$$오_S \rightarrow 훼_p + 쎄_K$$

S점의 탄소농도를 가진 오스테니트가 p점의 탄소농도를 가진 훼리트와 k점의 탄소농도를 가진 쎄멘티트로 갈라진다.

PQ:훼리트안의 탄소량을 나타내는 선이다.

ES:오스테니트안의 탄소량을 나타내는 선이다.

철-탄소합금상태도에서 주의를 돌려야 할것은 상태도에 표시된 조직들은 강철이나 주철을 무한히 천천히 달구거나 식힐 때 얻어지는 조직이라는것이다.

이와 같이 무한히 천천히 달구거나 식히는 상태를 평형상태, 이때 얻어지는 조직을 평형조직 또는 표준조직이라고 한다.

강철이나 주철을 이런 평형상태로가 아니라 빨리 식히거나 달구면 평형조직이 아닌 다른 조직이 생긴다.

열처리는 바로 이 원리에 기초하고있다.

참고자료

레이자에 의한 겉면처리기술

강철과 합금의 겉면처리는 재료의 물리적특성과 세기, 내마모성을 비롯한 력학적성질을 개선하기 위한 중요한 수단으로 리용하고있다.

금속의 겉면처리에 레이자를 처음으로 리용한것은 1970년대였다.

그후 레이자겉면처리기술은 빨리 발전하여 오늘은 최신과학기술이 달성한 중요한 성과로 인정되고있다.

레이자겉면처리의 우점은 다음과 같다.

첫째-고주파열처리를 비롯한 다른 열처리에 비해 경화효과가 특별히 크며 랭각매질이 필요없다.

둘째-에네르기밀도가 높고 그 값을 임의로 조절할수 있다.

셋째-일정한 거리에 에네르기를 전달할수 있으며 열처리의 기계화, 자동화를 쉽게 실현할수 있다.

2. 강철의 열처리

1) 소둔과 소준

(1) 소둔(물쿠기)

소둔이란 강철이나 합금을 변태점(림계점)이상의 온도까지 달구어서 유지한 다음 일정한 평형조직이 생기도록 천천히 식히는 열처리조작을 말한다.

소둔할 때는 제품을 로와 함께 식힌다.

소둔에서 가장 중요한것은 가열온도를 잘 선택하는것이다.

소둔의 목적은 다음과 같다.

첫째-강철과 합금을 질기게 만들고 가소성을 높이기 위해서이다.

둘째-강철과 합금의 절삭가공성과 랭간압착가공성을 좋게 하기 위해서이다.

셋째-금속조직의 알갱이를 고르롭게 하고 금속을 이루는 성분들의

농도가 같아지게 하기 위해서이다.

넷째-금속내부응력을 없애기 위해서이다.

다섯째-다음 열처리를 하기 위한 새 조직을 만들기 위해서이다.

이러한 소둔의 목적으로부터 여러가지 소둔방법을 적용할수 있는데 이를 나누어보면 다음과 같다.

소둔에는 여러가지 방법이 있는데 얻으려는 성질에 따라 알맞는 소둔방법을 선택하여야 한다.

여기서 중요한것은 가열온도의 선정인데 여러가지 소둔방법에 따르는 소둔온도범위는 그림 2-2와 같다.

① 확산소둔

확산소둔은 합금원소들의 몰림(편석)을 없애고 자름면에 따르는 조성을 고르롭게 하는 소둔이다.

확산소둔은 1 050~1 150℃의 높은 온도에서 6~15h 유지하는 방법으로 한다.

확산소둔은 고합금강덩이, 합금강주물품, 유색금속주물품들에 적용한다. 확산소둔을 한 강철은 립자가 큰 결함이 있는데 이것은 압착가공 또는 완전소둔에 의하여

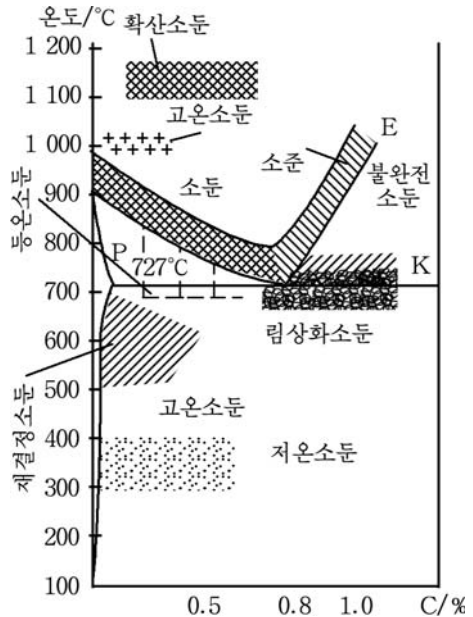



그림 2-2. 소둔형태

없앨수 있다.

② 재결정소둔

재결정소둔은 랭간소성변형된 금속을 재결정화온도이상으로 가열하고 유지한 다음 식히는 열처리이다.

재결정소둔의 목적은 랭간가공과정에 변형강화된 소재의 가소성을 높여 가공전 상태로 만드는데 있다.

금속의 랭간압착가공(연신, 단조, 압연)시에 금속의 세기는 매우 높아지고 반대로 가소성은 떨어진다.

이런 현상을 변형강화라고 한다.

이렇게 변형강화된 금속을 재결정온도이상으로 달구면 회복, 재결정화과정을 거쳐 처음상태로 돌아가는데 이것이 바로 재결정소둔이다.

강철의 재결정소둔온도는 600~700℃이다.

③ 저온소둔

저온소둔은 A_1변태점(727℃)보다 약간 낮은 온도까지 달구고 유지한 다음 천천히 식히는 소둔의 한 형태이다.

이 소둔은 탄소공구강과 고합금강에서 강철의 절삭가공성을 높이고 굳기를 낮추기 위해 적용한다.

④ 응력제거소둔

응력제거소둔은 주조, 용접, 랭간가공시 생긴 응력을 제거하기 위하여 A_1 변태점아래에서 진행하는 소둔방법이다.

저온소둔과 비슷하다.

⑤ 완전소둔

완전소둔이란 강철을 Ac_3변태점(727~910℃)보다 30~50℃이상 더 높은 온도에서 달구었다가 유지한 다음 로와 함께 천천히 식히는 소둔방법이다.

완전소둔은 탄소함유량이 0.8%아래인 아공석강에 대하여 적용하는데 목적은 강철의 굳기를 낮추고 알갱이를 미세하게 만들며 내부응력을 없애는데 있다.

⑥ 불완전소둔

불완전소둔은 강철을 A_1변태점보다 30~50℃ 더 높은 온도까지 달군 다음 로안에서 천천히 식히는 열처리이다.

불완전소둔은 압연품, 아공석강의 절삭가공성을 좋게 하기 위하여 적용하는데 아공석강과 과공석강에 다 적용한다.

⑦ 립상화소둔

립상화소둔은 강철을 A_1변태점보다 약간 높이 달구어 층상빼를리트를 립상빼를리트로 만드는 소둔방법이다.

주조상태나 압착가공한 공구강이나 베아링강은 층상빼를리트조직으로 되여있다. 이 층상빼를리트조직은 매우 굳어서 가공하기 힘들며 따라서 구상빼를리트로 만들어야 한다.

구상빼를리트로 된 조직은 층상빼를리트조직에 비해 가소성이 현저히 높다.

(2) 소준

소준은 강철을 Ac_3변태점보다 30~50℃ 더 높이 달구어 유지한 다음 공기속에서 식히는 열처리이다.

일명 공기소경이라고 한다.

소준의 중요한 목적은 열간가공한 강철의 알갱이를 잘게 만드는것이다.

강철을 A_1변태점이상까지 가열된 상태에서 가공하면 오스테니트알갱이가 매우 커진다.

이러한 큰 알갱이조직은 기계적성질을 나쁘게 한다.

따라서 이러한 조직을 가진 강철을 다시 가열했다가 공기속에서 식히면 랭각속도가 빠르기때문에 소둔할 때 생기는 빼를리트보다 알갱이가 더 잔 조직이 얻어지는데 이것을 쏘르비트라고 한다.

쏘르비트는 빼를리트에 비해 기계적성질이 더 좋다.

소준은 저탄소강들과 일부 저합금강들에 대해 적용하고 중합금강이나 고합금강에 대해서는 적용하지 않는다.

그것은 중합금강이나 고합금강에서는 공기속에서 식힐 때 합금원소의 영향으로 소경될수 있기때문이다.

2) 소경과 소려

(1) 소경

소경이란 강철을 오스테니트상태까지(A_1변태점이상) 달구었다가 일정한 시간 유지한 다음 빨리 식혀 불안정한 조직을 얻는 열처리조작을 말한다.

소경은 강철이나 합금에서 기본열처리공정으로 된다.

소경목적은 강철의 굳기와 세기를 높이고 부분품의 내마모성을 높이는것이다.

모든 열처리방법들에서 그러한것처럼 일정한 시간동안 유지하는것은 제품이 전면에 걸쳐 고르롭게 가열되여 오스테니트알갱이크기를 고르롭게 하기 위해서이다.

철-탄소합금상태도에서 보는바와 같이 강철을 A_1변태점이상으로 가열하면 방안온도에서 뻬를리트이던 조직이 오스테니트로 변태된다.

오스테니트조직은 727℃ 우로 가열할수록 더 많은 탄소를 가지게 된다.(1 147℃에서는 2.14%)

탄소가 많이 들어간 오스테니트를 물이나 기름속에서 빨리 식히면 탄소가 미처 빠져나오지 못하게 되는데 이것을 과포화고용체 즉 마르텐씨트라고 한다.

마르텐씨트조직은 매우 굳고 취약하며 내부응력이 큰 불안정한 조직이다.

소경을 잘하자면 소경온도를 잘 선택하고 랭각속도를 바로 정해야 한다.(그림 2-3)

소경온도는 강종(저탄소강인가 중탄소강인가 또 합금강인가)에 따라 다르게 정해야 한다.

탄소강의 소경온도는 철-탄소합금상태도에 의해 정하는데 아공석강의 소경온도는 Ac_3점보다 30~50℃ 더 높게 잡으며 과공석강의 소경온도는 Ac_1점보다 30~50℃ 높게 잡는다.

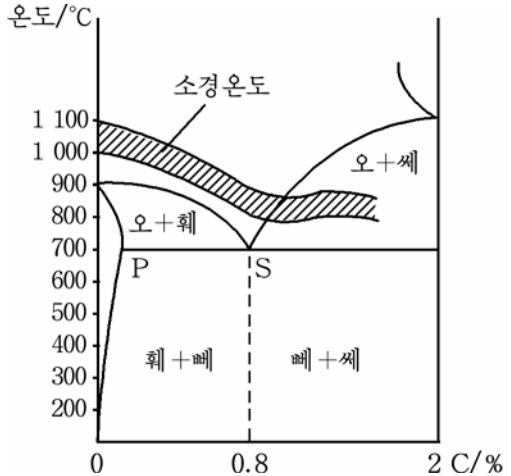
소경을 잘하기 위해서는 소경온도를 바로 선택하는것과 함께 랭각속도를 잘 보장해야 한다.

그림 2-3. 탄소강의 소경온도

랭각속도를 잘 보장하는 문제는 제품을 어떤 소경제(랭각제)에서 식히는가 하는 문제이다.

즉 알맞는 랭각속도를 보장할수 있는 랭각제를 고르는것이다.

소경제의 기본사명은 강철과 합금을 림계소경속도보다 더 큰 속도로 식혀주는것이다.

림계소경속도란 강철을 가열했다가 식힐 때 소경조직이 얻어지는 가장 작은 랭각속도를 말한다.

강철이 소경되자면 이러한 림계소경속도보다 더 빨리 식혀야 한다.

소경제로서 가장 널리 쓰이는것은 물과 기름이다.

이외에도 여러가지 농도의 소금물, 가성소다(NaOH)풀림액이 쓰인다.

이러한 소경제들의 랭각능력을 대비적으로 보면 물의 랭각능력을 100으로 볼 때 기름은 30, 공기는 2에 불과하다.

소경제의 랭각효과를 높이기 위해 소경제를 세게 저어주는 방법이 쓰이고있다.

물을 소경제로 쓸 때 세게 저어주면 랭각능력이 2배로 커진다.

반대로 물에 찰흙을 넣으면 랭각능력은 작아진다.

우리는 여러가지 랭각제의 특성을 잘 알고 강철의 특성에 맞는 알맞는 랭각제를 골라써야 한다.

(2) 소려(띄우기)

소려는 소경과 함께 열처리의 마감공정으로 된다.

제품의 성질은 소려에 의하여 고착된다.

소려란 소경한 강철을 상변태온도보다 낮은 온도까지 가열하고 유지한 다음 천천히 식히는 열처리조작이다.

소경한 강철은 반드시 소려처리를 해야 한다.

그것은 소경한 강철이 굳기와 세기는 높지만 내부응력이 대단히 크고 취약하기때문이다.

그러므로 반복작용하는 충격짐을 주면 쉽게 깨질수 있다.

따라서 내부응력을 없애고 가소성을 높여야 하는데 이것은 소려를 통해 실현된다.

실례로 쇠를 깎는 바이트나 돌에 구멍을 내는 정대 같은것은 굳기와 함께 가소성도 높아야 한다.

소려는 소려온도와 목적에 따라 저온소려, 중온소려, 고온소려 등 세가지 형태로 나눈다.

저온소려

저온소려는 소경한 강철을 150~250℃정도로 가열하고 유지한 다음 식히는 열처리조작이다.

저온소려의 목적은 소경상태의 높은 굳기와 세기를 그대로 보존하면서 내부능력을 없애자는데 있다.

따라서 낮은 온도에서 진행된다.

저온소려는 바이트와 같은 절삭공구, 재기공구, 형타강들에 적용한다.

저온소려를 하면 소경한 강철의 취성이 적어지고 내부응력이 현저히 줄어든다.

따라서 소경한 공구와 부분품은 작업과정에 파괴되지 않으며 치수변화도 없어진다.

중온소려

중온소려는 소경한 강철을 300~500℃정도로 가열하고 유지한 다음 식히는 열처리조작이다.

중온소려의 목적은 소경한 강철의 튐성과 인성을 높이는데 있다.

따라서 이 소려방법은 용수철의 열처리에 적용한다.

고온소려

고온소려는 소경한 강철을 500~600℃정도로 가열하고 유지한 다음 식히는 열처리이다. 고온소려의 목적은 세기를 일정하게 보장하면서 인성을 높이자는데 있다.

소경한 강철을 고온소려하는 열처리를 개선처리라고 한다.

개선처리한 강철의 조직은 세기와 가소성, 인성이 잘 배합된 성질을 가지는 조직이다.

고온소려는 큰 충격짐을 받으며 일하는 부분품들 즉 축, 련결대, 나사들에 적용한다.

3) 화학적열처리

화학적열처리는 화학적방법으로 강철과 합금의 겉면층의 조직과 성질을 변화시키는 열처리이다.

화학적열처리는 강철의 겉면에 탄소, 질소, 붕소, 티탄과 같이 겉면을 굳게 하는 원소들을 넣어 기계적성질을 개선하는 열처리방법이다.

화학적열처리는 부분품의 수명을 몇배나 높이게 하는 우월한 열처리방법이다.

어느 기계에나 다 들어있는 축을 실례로 들어보자.

축은 작업과정에 구부림과 틀음을 받는데 이때 축의 겉면이 제일 큰 힘을 받는다. 축은 1min동안에 수천회씩 돌아가기때문에 회전부분이 빨리 닳게 된다.

또한 제일 먼저 힘을 받아 터지는 곳도 겉면이다.

바로 이런 축은 속은 질기면서도 겉층은 굳고 셀것을 요구한다.

이런 요구를 해결하는것이 화학적열처리이다.

즉 축의 재질은 가소성이 좋은 저탄소강으로 하고 걸면에는 탄소나 질소를 침투시켜 수명을 몇배나 높일수 있게 한다.

(1) 침탄(탄소넣기)

침탄이란 강철의 걸층에 탄소를 첨가시키는 기술공정이다.

강철의 걸면에 탄소가 들어가면 걸면의 세기와 굳기는 매우 높아진다.

침탄은 탄소량이 적은 저탄소강(0.25%아래)들과 저합금강들에 적용한다.

침탄후 걸면층에서의 탄소함유량은 0.8~0.9%가 좋다.

침탄층의 깊이는 제품의 사명에 따라 0.5~2mm로 한다.

침탄방법에는 고체침탄법, 기체침탄법, 액체침탄법이 있다.

① 고체침탄법

고체침탄법은 많은 결함도 있지만 몇가지 우점도 있다.

그것은 특별한 설비가 없이도 할수 있으며 임의의 형태와 치수를 가진 제품도 다 처리할수 있다는것이다.

고체침탄제로서 숯, 톱밥, 벼겨, 니탄 등을 쓰는데 여기에 침탄촉진제로서 탄산바리움과 탄산나트리움을 20~25% 섞는다.

온도는 보통 910~930℃에서 한다.

② 기체침탄

기체매질에서의 침탄방법은 고체침탄법에 비하여 일련의 우점을 가지고있다.

우선 침탄온도, 침탄제의 조성과 량을 조절하기 쉬우므로 침탄층의 깊이와 침탄층의 탄소농도를 정확히 보장할수 있다.

또한 가스매질에서 침탄하므로 침탄층이 고르롭다.

열처리시간을 현저히 줄일수 있고 생산공정의 자동화가 비교적 쉽다.

기체침탄의 제한성은 침탄설비가 비교적 복잡하여 다루는 기능이 요구되며 로의 기밀성과 가스순환을 잘 보장해야 하는것이다.

기체침탄제로는 석유, 벤졸, 알콜 등인데 여기에서도 석유가 가장 많이 쓰이고있다.

기체침탄제로 쓰이는 가스들로는 무연탄가스, 해탄로가스, 발생로가스, 메탄, 에탄, 부탄가스들이다.

기체매질에서의 침탄온도는 910~930℃이다.

이때 침탄온도를 높이면 유지시간을 훨씬 줄일수 있다.

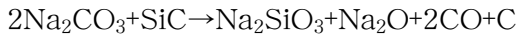
침탄용가스를 넣을 때 석유와 함께 암모니아를 넣어주면 침탄행정이 더 빨라진다. 암모니아는 침탄공정을 촉진하는 촉진제로서 침탄시간을 20% 줄일수 있다.

③ 액체침탄

액체침탄은 염욕, 전해질용액, 선철쇠물 등에서 할수 있지만 주로 염욕에서 진행한다.

염욕의 조성은 Na_2CO_3 78~85%, NaCl 10~15%이고 이속에 침탄물질인 SiC, CaC_2, BaC_2 등을 덧넣는다.

이때 염욕에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$2Na_2CO_3+SiC \rightarrow Na_2SiO_3+Na_2O+2CO+C$$

염욕에서 침탄시간은 1~5h이며 이때 침탄층의 깊이는 0.5~2mm이다.

액체침탄은 작고 얇은 부분품들을 처리하는데 좋다.

(2) 질화(질소넣기)

금속의 겉면에 질소를 넣는 기술공정을 질화라고 한다.

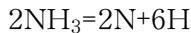
금속의 질화는 강철의 굳기와 내마모성을 높일뿐아니라 세기 특히 피로세기를 높인다.

질화는 또한 강철의 내부식성, 내열성도 높인다.

강철의 질화는 질화물이 분해될 때 생기는 원자상태의 질소에 의해 진행된다.

암모니아를 질화제로 쓰는 경우를 보자.

암모니아를 달구면 원자상태의 질소와 수소가 생긴다. 즉

$$2NH_3=2N+6H$$

이 원자상태의 질소가 강철겉면에 침투된다.

질화를 적용하는 대표적인 강철은 저탄소강, 중탄소강, 공구용탄소강이며 제품으로서는 볼트, 나트, 치차 등이다.

침탄에 비한 질화의 우점은 다음과 같다.

① 우선 질화온도가 침탄온도에 비하여 낮다.

② 질화한 후 열처리가 필요없다.

③ 질화하면 침탄한 후 소경한것보다 굳기와 내마모성이 더 높다.

그러나 질화의 제한성은 질화시간이 보통 50~100h으로서 긴것이다.

따라서 질화시간을 줄이기 위해 촉진제에 의한 질화, 이온질화, 고주파유도가열에 의한 질화 등 혁신적인 질화방법을 도입하고있다.

촉진제에 의한 질화는 암모니아에 여러가지 촉진제를 넣어서 제품겉면에 질소를 침투시키는 열처리조작인데 촉진제로 액체나트리움벤졸, 기체염소 등을 쓴다.

이온질화는 질소원자를 이온화하여 제품겉면에 침투시키는 질화방법이다. 이온질화하기 위해 제품을 함속에 넣고 암모니아 혹은 수소와 질소의 가스혼합물을 채운다.

다음 제품을 음극, 함을 양극으로 하여 높은 전압을 걸면 방전현상이 일어나는데 이때 질소원자들이 이온화되여 제품의 겉면에 충돌되면서 침투된다.

(3) 청화

청화는 강철겉면에 탄소와 질소가 함께 침투되게 하는 열처리방법이다.

청화하면 강철의 굳기와 내마모성, 피로세기가 높아진다.

청화는 청화온도에 따라 750~950℃에서 진행하는 고온청화와 550℃정도에서 진행하는 저온청화로 나누며 청화매질의 종류에 따라 액체, 기체, 고체청화로 나눈다.

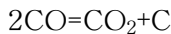
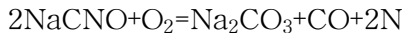
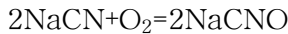
청화온도가 높아짐에 따라 제품겉면에 침투되는 탄소의 량은 많아지고 질소의 량은 적어진다.

① 액체청화

액체청화는 녹인 청화욕속에서 부분품을 달구는 방법이다.

청화욕의 주성분은 시안화나트리움(NaCN)이다.

이때 다음과 같은 반응에 의해 청화가 진행된다.

$$2NaCN+O_2=2NaCNO$$
$$2NaCNO+O_2=Na_2CO_3+CO+2N$$
$$2CO=CO_2+C$$

처음에 시안화나트리움이 욕속에 들어간 공기중의 산소에 의하여 시안산나트리움(NaCNO)으로 되며 이것이 분해되는 과정에 원자상태의 질소와 탄소가 나오는데 이것이 강철속으로 확산침투된다.

액체청화할 때 제품을 780~870℃ 온도의 청화욕에 20~90min동

안 놓아두면 0.1~0.4mm의 청화층이 생긴다.

다음 제품을 물, 기름속에서 식힌다.

저온액체청화는 550~560℃ 온도의 청화욕(NaCN 30~50%, Na_2CO_3 20%, NaCl 10~20%, KCN 50%)에서 5~30min동안 진행한다.

이때 0.02~0.06mm 두께의 청화층이 생겨 강철의 굳기와 내마모성, 적열안정성이 높아지고 공구의 수명이 1.5~2배 길어진다.

저온액체청화는 고속도강과 크롬공구강에 적용한다.

액체청화할 때 리용하는 시안화나트리움, 시안화칼시움은 독성물질이기때문에 특별한 로동안전대책을 세워야 한다.

② 기체청화

기체청화란 암모니아가스와 기체침탄에 쓰이는 침탄가스매질속에서 제품겉면에 질소와 탄소를 침투시키는 열처리조작이다.

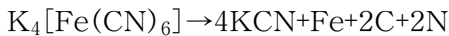
고온기체청화는 침탄가스와 암모니아가스가 3:1의 비률로 섞인 혼합가스속에서 840~860℃의 온도까지 달구는 방법으로 진행한다.

청화한 다음 굳기와 내마모성이 높은 0.02~0.04mm 두께의 청화층이 생긴다.

③ 고체청화

고체청화란 제품을 황혈염이나 적혈염속에서 달구어 그 겉면에 탄소와 질소를 침투시키는 열처리조작을 말한다.

고체청화할 때 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 4KCN + Fe + 2C + 2N$$

이때 생긴 원자상태의 질소와 탄소가 강철겉면에 확산침투된다.

(4) 류화

류화란 류황이 들어있는 류화물매질속에서 제품을 달구어 그 겉면에 류황을 침투시키는 기술공정을 말한다.

류화는 내마모성을 높이기 위하여 적용한다. 류화하면 제품의 겉면에 엷은 FeS류화층이 생기면서 내마모성이 현저히 높아진다.

제품의 겉면에 생긴 FeS막은 탄소나 질소가 들어간 층처럼 굳지는 않지만 윤활작용을 하기때문에 내마모성이 높아진다.

류화는 어떤 매질에서 하는가에 따라 고체, 액체, 기체류화로 나눈다.

여러가지 류화법들이 있는데 널리 쓰이고있는것은 540~560℃에서

진행하는 액체류화법이다.

이 방법은 고속도강과 여러가지 부분품에 다 적용할수 있는데 여기에 쓰이는 류화제로서는 NaCNS, KCNS, Na_2S, Na_2SO_4, FeS와 같은 류화물, 황혈염과 같은 시안산염들과 여러가지 중성염들이다.

(5) 금속의 확산침투

금속의 확산침투란 제품의 겉면에 금속원소를 침투시키는 열처리조작을 말한다.

여기에는 알루미니움침투, 크롬침투, 규소침투, 붕소침투 등이 있다.

제품겉면에 어떤 원소를 넣는가 하는것은 얻으려는 성질에 따라 선택할수 있다.

① 알루미니움침투

제품의 열간내화성을 높이기 위하여 알루미니움을 침투시키는 방법이다.

알루미니움층의 깊이는 0.1~1mm정도로서 800~900℃ 온도에서 안정하다.

우리가 흔히 쓰는 저탄소강, 중탄소강을 알루미니움침투하면 고합금내열강을 대용할수 있다.

고체알루미니움침투는 알루미니움가루가 섞인 혼합물속에 제품을 넣고 950~1 050℃의 온도까지 달구는 방법으로 진행된다.

액체알루미니움침투는 6~8%의 철을 넣고 700~800℃ 온도의 녹은 알루미니움욕에서 제품을 달구는 방법으로 한다.

알루미니움침투한 다음 제품의 취성을 줄이기 위해 900~1 150℃ 온도에서 확산소둔을 진행한다.

② 크롬침투

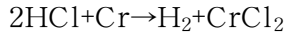
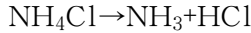
크롬침투란 강철의 겉면에 크롬을 침투시키는 열처리방법이다.

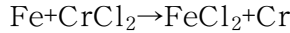
크롬은 내산성, 내마모성, 내열성을 높인다.

고체크롬침투, 액체크롬침투방법이 있는데 고체크롬침투방법을 보면 다음과 같다.

고체크롬침투는 50~55% 크롬철과 45~50%의 Al_2O_3, 2%의 NH_4Cl를 섞은 고체혼합물속에 제품을 넣고 950~1 050℃의 온도까지 달구는 방법으로 한다. 이때 제품을 12~15h동안 놓아두면 0.15~0.2mm 두께의 크롬층이 생긴다.

고체크롬침투할 때 진행되는 반응은 다음과 같다.

$$NH_4Cl \rightarrow NH_3 + HCl$$
$$2HCl + Cr \rightarrow H_2 + CrCl_2$$

이 $CrCl_2$이 제품걸면에 닿을 때 원자상태의 크롬이 생겨 제품걸면에 침투된다.

$$Fe + CrCl_2 \rightarrow FeCl_2 + Cr$$

고탄소강을 크롬침투하면 걸면에 매우 굳은 $(FeCr_2)_7C_3$층이 생기는데 이 층에 의해 굳기와 내마모성이 높아진다.

크롬층의 깊이는 0.15~0.2mm 아래이다.

크롬침투는 여러가지 부식매질속에서 닳음을 받으며 작업하는 부분품이나 내마모성이 좋아야 하는 형타, 부분품에 적용한다.

화학적열처리에는 이외에도 규소침투, 붕소침투 등 여러가지가 있다.

우리는 이러한 화학적열처리방법들을 잘 알고 자기가 요구하는 성질을 얻을수 있는 알맞는 열처리방법을 적용하여야 한다.

참고자료

초음파에 의한 열처리

초음파를 열처리에 받아들이면 열처리효과를 훨씬 더 높일수 있다.

소경할 때 랭각매질에 초음파를 작용시키면 랭각매질의 능력이 높아져서 소경효과를 더 높일수 있다.

또한 화학적열처리(침탄, 질화, 청화, 붕소침투)에서 난문제로 제기되는 열처리시간을 줄이는 문제를 쉽게 해결할수 있다. 초음파를 작용시키면 열처리의 주기가 짧아지면서도 처리되는 제품의 질이 매우 높은 수준에서 보장될수 있다. 따라서 여러가지 열처리에 초음파를 널리 받아들여야 한다.

련습문제

1. 소둔과 소준의 차이점을 설명하여라.
2. 층상뻬를리트와 구상뻬를리트의 조직과 성질에서의 차이점을 설명하여라.
3. 강철의 소경후 얻어지는 조직에 대하여 설명하여라.
4. 침탄과 질화의 우점과 결함을 지적하여라.

제2절. 주조

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《주물작업을 집중화, 전문화, 현대화하여야 하겠습니다.》

주조는 기계제품생산에 필요한 소재를 생산보장하기 위한 금속가공방법의 하나로서 기계공업발전에서 매우 중요한 자리를 차지한다.

주조방법으로는 압착가공하기 힘든 금속이라도 요구되는 형태의 치수를 가진 부분품(주물품)으로 쉽게 부어낼수 있으며 다른 가공방법으로는 통짜로 만들기 힘든 복잡한 구조의 부분품도 쉽게 만들어낼수 있다.

기계제품들에서 주물품이 차지하는 비중은 매우 높다.

그러므로 기계설비생산에 필요한 주물품을 질량적으로 원만히 생산보장하여야 여러가지 현대적인 기계설비들을 많이 만들어 인민경제의 기술장비수준을 끊임없이 높여나갈수 있다.

쇠물을 일정한 형타에 부어넣어 응고(쇠물의 굳어짐)시키는 방법으로 만든 소재 또는 제품을 주물품이라고 한다.

주물품생산은 크게 모래형주조와 특수주조로 나눈다.

모래형주조로 주물품을 생산하는 례를 그림 2-4에 주었다.

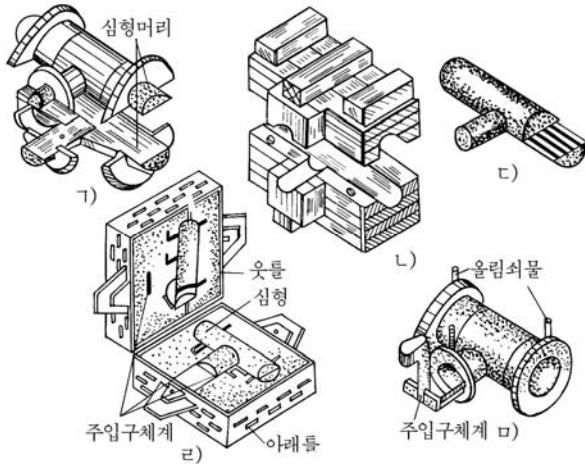



그림 2-4. 모래형주조의 례

ㄱ-분리식모형, ㄴ-심형함, ㄷ-심형,
ㄹ-심형이 설치된 아래웃주형, ㅁ-얻어진 주물

모래형주조공정에서 주물품을 생산하는 기본생산공정도를 그림 2-5에

주었다.

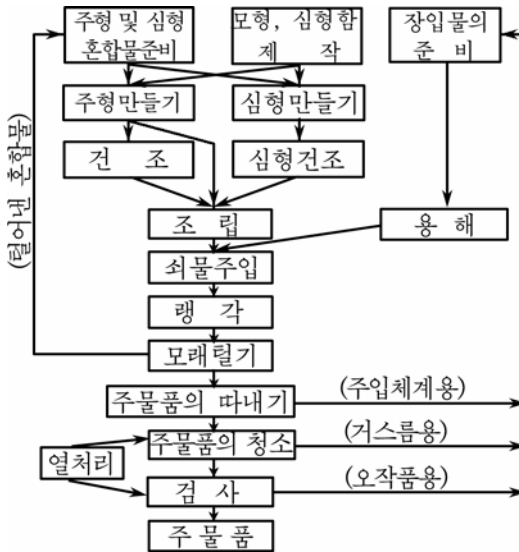



그림 2-5. 기본생산공정도

그림에서 보는바와 같이 주물품을 만들기 위하여 주물품의 모양에 따르는 모형을 만들고 주물품의 내부공간을 형성할 심형을 만들기 위한 심형함을 만든 다음 모형으로 주형을 만들고 심형함으로는 심형을 만든다.

다음 주형안에 심형을 설치하고 주형을 조립한 다음 거기에 쇠물을 붓는 공정으로 주물품을 만든다.

주형을 만들 때(조형할 때) 모형을 뽑아내기 위하여 모형은 통짜로 만들지 않고 갈라서 만들며 주형도 웃틀, 아래틀로 조형하고 모형을 뽑아낸 다음 아래웃틀을 조립하고 쇠물을 부어 주물품을 만든다.

1. 주조공정

1) 주형 및 심형만들기

(1) 모형만들기

모형을 만들기 위한 재료로는 나무(잣나무, 삼송류, 소나무, 피나무 등), 금속(알루미니움합금, 동합금) 등을 쓴다.

나무로 만든 모형(목형)은 가볍고 가공하기 쉬우며 값이 눅으나 변형되기 쉽고 오래 쓰기 힘들다.

그러므로 주로 개별생산과 소계렬생산에 쓰인다.

금속모형은 정밀도가 높고 겉면이 깨끗하여 오래 쓸수 있으나 만들기 힘들고 원가가 높다.

알루미니움합금으로 만든 모형은 가볍고 가공하기 쉽다.

금속모형은 대량생산과 계렬생산에 쓰인다.

모형의 형태에는 통짜모형, 깎음판모형, 골조모형 등이 있으며 기계조형하거나 대량생산할 때에는 모형정반에 모형을 붙인 모형판을 쓴다.(그림 2-6, 그림 2-7)

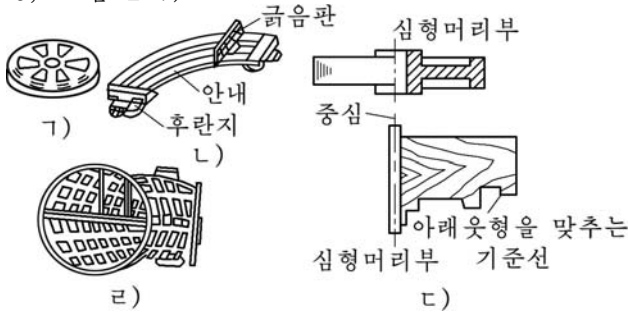



그림 2-6. 모형의 형태

ㄱ-통짜모형, ㄴ,ㄷ-깎음판모형, ㄹ-골조모형

나무는 마르면 줄어들고 수분을 흡수하면 불어나는데 반경방향으로의 수축은 크고 세로방향으로의 수축은 작다. 그러므로 모형의 변형을 막으려면 나무를 쪼각으로 가로세로 잘 무어서 만들어야 한다.

모형은 만든 다음 변형을 막고 겉면정결도를 높이며 수명을 늘이기 위하여 색칠을 한다.

그림 2-7. 모형판의 구조

1-모형정반(판), 2-모형, 3-주형틀

금속모형은 가볍게 하면서 금속을 절약하기 위하여 내부를 궁글게 하며 세기를 보장하기 위하여 보강륵골을 적당히 배치한다. 기계로 주형을 만들 때에는 금속모형을 모형정반우에 조립한다.

(2) 조형혼합물재료와 조형혼합물준비

① 조형혼합물재료

조형혼합물로는 주물모래, 찰흙, 물, 첨가제(톱밥, 석탄가루), 특수점결제 등을 필요한 조성비로 섞어서 쓴다.

기본재료로는 주로 주물모래와 주물용찰흙을 쓴다.

주물모래는 주형의 내화도와 세기를 보장하며 가스가 모래사이의 틈을 통하여 빠져나가도록 한다.

주물에서 쓰는 모래는 산(조막산), 강(백마강, 청천강 등), 바다(몽금포, 라흥, 서호진, 가진 등)에서 난다.

일반적으로 산모래에는 찰흙성분이 많으며 모래알이 굵고 모가 있다. 그러므로 찰흙을 섞지 않고도 쓸수 있다.

바다모래는 찰흙성분이 거의 없고 둥근 모양을 가지며 내화도가 높다.

모래는 SiO_2성분이 많아야 내화도가 높다.

그러므로 주물모래를 선택할 때 SiO_2함유량과 산화물함유량, 내화도, 모래알의 굵기와 형태, 찰흙의 함유량을 따져보아야 한다.

강주물용모래는 SiO_2이 97%이상, 주철주물용모래는 SiO_2이 92%이상이여야 한다.

찰흙은 조형혼합물에서는 젖은 상태에서 풀기와 가소성을 보장하며 말리우면 굳어져 세기를 높이기때문에 점결제로 쓴다.

찰흙은 풀기가 세고 내화도가 높아야 한다.

조형혼합물에 찰흙을 너무 많이 섞으면 통기도와 신축성(주형의 줄어듬성)이 나빠지며 지내 적게 넣으면 세기와 가소성이 낮아진다.

특수점결제는 높은 세기와 통기도를 보장하기 위하여 쓴다.

특수점결제에는 팔프페액, 물유리, 합성수지 등이 있다.

팔프페액은 팔프를 만들 때 부산물로 나오는데 물이 90%이고 그밖에 리그닌, 수지, 당분, 알콜 등이 녹아있는 수용액으로 되여있다.

물유리는 Na_2O-SiO_2계의 고체상태의 화합물로서 일정한 량의 물을 넣고 열을 가하여 녹여서 리용하는데 CO_2과 작용하면 빨리 굳어진다.

첨가제는 주형과 심형의 신축성과 통기도를 높이기 위하여 쓰는데 주로 톱밥을 쓴다. 주물품겉면에 주형혼합물이 녹아붙는것을 막고 겉면질을 높게 하기 위해 소착막이재료들인 흑연가루, 활석가루, 규석가루 등을 쓴다.

이밖에 티탄모래, 지르코니움모래를 바수어 칠감으로 쓰기도 한다.

② 조형혼합물준비

조형혼합물은 주물품의 재료(즉 주철주물인가, 강주물인가, 유색금속주물인가), 주물품의 크기정도, 주형과 심형의 종류(즉 말리는 주형인가, 말리지 않는 주형인가) 등에 따라 서로 다르게 준비한다.

주철주물이나 유색금속주물인 경우에는 이 합금들의 녹음온도가

비교적 낮기때문에 모래의 내화도문제가 크게 제기되지 않지만 강주물품인 경우에는 이것의 녹음온도가 높기때문에 내화도가 높은 규사를 써야 하며 주형도 말리워서 세기와 통기도를 높여야 한다.

조형혼합물은 이와 같이 매개 주물품의 특성에 따라 기본재료인 모래와 찰흙 그리고 필요에 따라 물유리나 톱밥 같은 특수점결제와 첨가제를 혼사망에 제정된 량으로 넣고 혼사망에서 혼합하면서 여기에 물을 4~5.5%정도 넣고 혼합하는 방법으로 준비한다.

보통 주물할 때 새 모래는 5~20%, 낡은 모래(이미 조형하여 쓰던 혼합물)는 80~95%범위에서 쓰며 심형을 만들 때에는 새 모래만을 주로 쓴다. 그것은 주물할 때에 심형이 완전히 쇠물로 둘러싸이므로 내화도가 높아야 하기때문이다.

찰흙은 건조로에서 말리워 가루내여 쓰며 새 모래는 말리워 채로 쳐서 자갈이나 기타 불순물들을 갈라내여 쓴다.

찰흙은 필요에 따라 물에 풀어서 쓸수도 있다.

혼사망을 돌리면서 모래, 찰흙을 규정된 량으로 넣고 혼합하며 필요에 따라 물유리(특수점결제)나 톱밥(첨가제)을 넣을수도 있다.

충분히 혼합된 혼사물은 혼사망에서 직접 조형장에 보내여 주형을 만들수도 있고 필요에 따라 저장통에 넣었다가 주형을 만들 때마다 뽑아서 쓸수도 있다.

(3) 주형만들기 및 건조

주형과 심형을 만드는 방법에는 손조형법과 기계조형법이 있다.

손조형을 할 때에는 필요한 공구 즉 다짐공구, 완성공구들이 필요하다.

다짐공구에는 삽과 다짐대들이 속하는데 다짐대에는 손다짐대와 압축공기다짐대들이 있다.(그림 2-8)

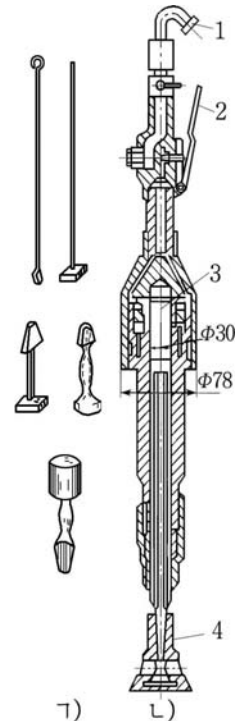



그림 2-8. 다짐공구
ㄱ-손다짐대, ㄴ-압축공기다짐대;
1-압축공기련결관, 2-시동손잡이, 3-격심, 4-머리부

완성공구는 모형을 빼내며 주형을 손질하는데 쓰는 공구들이다.

여기에는 통기침, 붓, 모형을 빼내는 공구, 주형완성공구들이 속한다.

그림 2-9에는 주물붓과 통기침을 주었고 그림 2-10에는 완성공구들을 주었다.

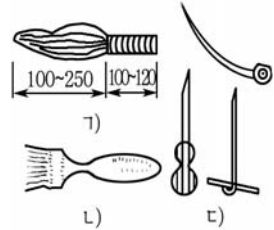



그림 2-9. 주물붓과 통기침

ㄱ-둥근붓, ㄴ-평면솔, ㄷ-통기침

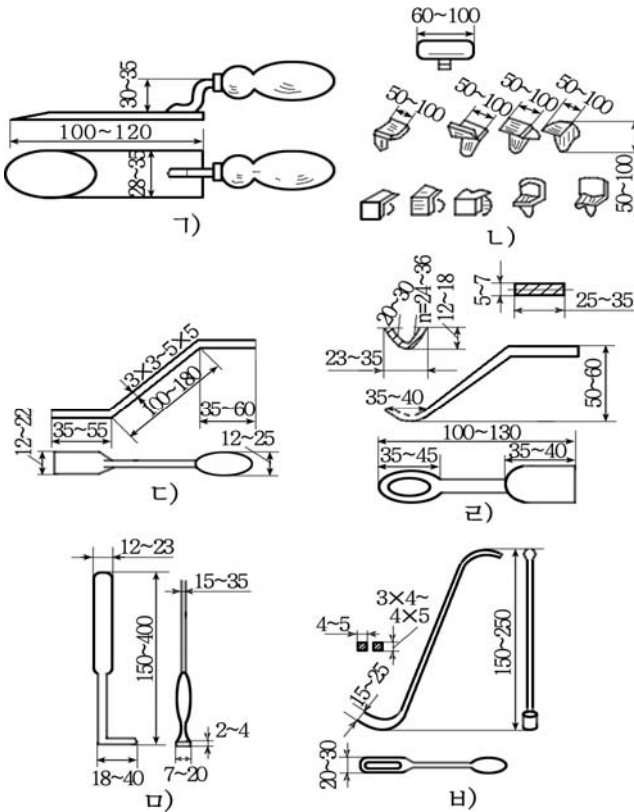



그림 2-10. 주형완성공구

ㄱ-평면흙손, ㄴ-볼록 및 오목흙손, ㄷ-평면순가락, ㄹ-오목순가락, ㅁ-홈파기칼, ㅂ-오목형갈구리

2) 쇠물의 주입 및 뒤처리

(1) 주입구체계

주입구체계는 주형에 쇠물을 부어넣는 쇠물길의 전체를 말한다.

주형을 만들 때 주입구체계를 얼마만한 크기와 어떤 형태로 만들며 그것을 주형의 어느 위치에 배치하겠는가를 바로 정하는것은 주물품의 질을 높이고 주입구체계에서의 쇠물의 소비를 줄이며 주형만드는 작업을 쉽게 하는데서 매우 중요하다.

주입구체계는 쇠물접시(쇠물깔때기), 쇠물대, 쇠물길(슬라크잡이), 쇠물문으로 되여있다.(그림 2-11)

쇠물접시는 쇠물남비에서 주입구멍에 쇠물이 떨어지는것을 완화시키며 슬라크, 비금속개재물이 떠올라 없어지게 한다.

쇠물깔때기는 작은 주철주물, 유색금속주물, 강철주물주조에 많이 쓴다.

쇠물대는 원뿔모양 또는 원기둥모양으로 만들며 쇠물을 채운 상태에서 주입을 보장하기 위하여 밑으로 내려가면서 2~4°의 경사를 준다.

그림 2-11. 주입구체계와 쇠물접시
ㄱ-주입구체계, ㄴ-쇠물접시, ㄷ-마개를 가진 쇠물접시, ㄹ-사이벽을 가진 쇠물접시;
1-쇠물접시, 2-쇠물대, 3-쇠물길, 4-쇠물문

쇠물길은 쇠물대로 들어온 쇠물을 쇠물문으로 보내며 슬라크가 떠올라 없어지게 한다.

쇠물문은 쇠물을 주형공간에 필요한 시간에 따라 주입을 보장하게 하며 주물품의 필요한 위치에 쇠물이 들어가게 한다.

주입구체계를 선정할 때에는 보통 주물품의 크기에 따라 먼저 주입시간을 결정하고 주입시간에 기초하여 쇠물문의 자름면적 $F_{문}$을 결정한다.

다음에는 이 $F_{문}$에 따라서 주입구체계의 나머지 요소들을 결정한다.

주철주물인 경우에는 다음과 같이 결정한다.

작은 주물품인 때

$$F_{문}:F_{길}:F_{대}=1.0:1.2:1.4$$

큰 주물품인 때

$$F_{문}:F_{길}:F_{대}=1.0:1.1:1.2$$

강주물품인 경우에는 다음과 같이 한다.

$$F_{문}:F_{길}:F_{대}=(1.0:1.05:1.15)\sim(1.0:1.3:1.6)$$

$F_{문}$-쇠물문의 자름면적
$F_{길}$-쇠물길의 자름면적
$F_{대}$-쇠물대의 자름면적

(2) 주입온도와 쇠물의 주입

쇠물의 주입온도는 주조합금의 종류, 주물품의 크기와 복잡성정도 및 벽두께에 따라 설정한다.

주입온도가 너무 높으면 수축, 타붙기 등 결함이 생기며 반대로 너무 낮으면 못미침오작(쇠물이 주형의 구석진 곳에 차지 못하는 결함), 가스집 등의 결함이 생긴다.

주입온도는 액흐름성이 보장되며 가스와 개재물이 잘 떠올라 빠져나갈수 있는 온도에서 가장 낮은 온도로 하는것이 좋다.

즉 쇠물을 뽑는 온도는 높이고 남비에 받아서 일정한 시간 유지하여 주입온도까지 낮아진 다음에 붓는것이 좋다.

쇠물을 남비에서 일정한 시간 유지하면 쇠물속의 가스와 비금속개재물이 쇠물우로 떠올라 제거된다.

보통 강철주물품은 1 500~1 600℃, 큰 주철주물품은 1 200~1 250℃, 중형주철주물품은 1 280~1 320℃, 얇은 주철주물품은 1 320~1 360℃ 정도에서 붓는다.

유색금속주물은 주조합금의 종류와 조성에 따라 다른데 보통 동합금주물품은 1 000~1 200℃, 알루미니움합금주물품은 720~750℃에서 붓는다.

주입속도가 너무 빠를 때에는 쇠물이 주형과 심형의 겉면을 씻어 모래집을 형성하거나 심한 경우에는 주형을 파괴하기까지도 한다.

또한 쇠물이 회리흐름을 일으키면서 흘러들어가므로 가스집이 생길수 있다.

반대로 주입속도가 너무 뜨면 못미침오작이나 가스가 미처 빠져나가지 못하여 가스집오작이 생길수 있다.

일반적으로 크고 무거운 주물품은 좀 느리게 붓고 얇고 작은 주물품은 빨리 붓는다. 쇠물을 부을 때의 주입높이는 손남비로 부을 때 손남비와 쇠물접시사이거리를 100mm이하로 하고 큰남비로 부을 때 200~300mm이하로 하여야 한다.

쇠물을 부어넣은 다음 주형안에서 주물품을 유지하는 시간과 주물품을 털어내는 온도는 주조용합금의 종류와 특성, 주물품의 크기와 복잡성정도, 주물품벽두께에 따라 설정한다.

주물품은 보통 400~500℃까지 식히고 털어낸다.

(3) 주물품의 뒤처리

주입한 주물품이 제정된 온도까지 주형안에서 식으면 모래털기를 하며 뒤이어 따내기, 청소, 결함수정, 검사를 거쳐 완성한다.

주조흐름선이나 자동조형선에서 작은 주물품을 대량생산하는 경우에 모래털기는 자동조형선에 설치된 압축식 또는 진동식모래털기설비에 의하여 자동적으로 수행된다.

개별생산하는 경우에는 진동식모래털기설비나 수압식 또는 충격식모래털기설비에서 털어낸다.

진동식모래털기설비는 편심축에 의해 진동을 주어 주형틀과 함께 주형을 우로 올려던졌다가 내려올 때 살창판과 충격을 하면서 모래가 떨어지게 한다.

주물품의 청소는 주물품의 겉면에 붙어있는 모래와 소착물을 깨끗이 청소하는 작업이다. 주물품은 흔히 압축공기에 의한 모래뿜기장치, 회전원통청소기, 산탄청소기에서 청소한다.

주로 질량이 50㎏까지의 작은 주물품은 원통식청소기에서 청소한다.

원통의 작업공간에 1/2정도로 주물품을 채우고 주물품과 함께 20~65mm인 백색주철, 바른4면체쪼각들을 넣어준다.

원통이 회전할 때 주물품호상간 또는 주물품과 백색주철쪼각들이 서로 부딪치고 쓸리면서 주물품겉면에 붙은 모래가 떨어지게 된다.

주물품의 겉면에 빠른 속도로 쇠알을 뿌려주어 주물품을 청소하는 산탄청소장치의 략도를 그림 2-12에 주었다.

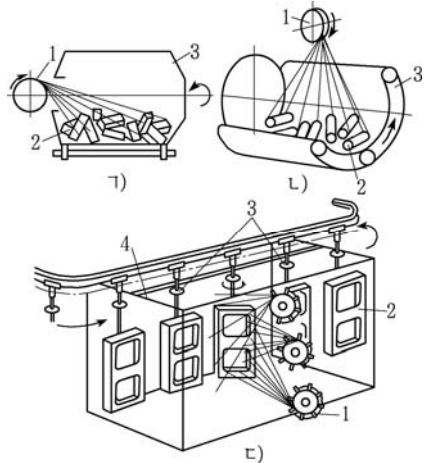



그림 2-12. 산탄청소장치
ㄱ-회전원통식, ㄴ-콘베아원통식, ㄷ-고정산탄실; 1-산탄분산머리, 2-제품, 3-제품이동장치, 4-차단벽

참고자료

다품종소량생산을 위한 주물생산

최근 여러 나라들에서는 제품의 갱신주기가 짧아지면서 개별 및 소계렬제품생산이 절대적비중을 차지하는 조건에 맞게 주물생산공정을 다품종소량생산체계로 발전시키고있다.

다품종소량생산을 위한 주물생산공정은 대량생산을 위한 조형흐름선생산공정을 다품종생산에 맞는 새로운 기술을 받아들여 발전시킨것이다.

다품종소량생산을 위한 주물생산공정에서 주목되는것은 다음과 같다.

첫째로, 용해속도가 높은 중주파유도용해로를 받아들여 조성이 다른 쇠물생산에로의 이행시간을 줄이고있다.

둘째로, 회전기구식모형교체장치를 갖춘 자동조형기를 리용하여 조형흐름선을 멈추지 않고 여러가지 모양의 주물품들을 생산하고있다.

셋째로, 신속성형기술을 받아들이고있다.

2. 주물생산

1) 주철주물생산

(1) 주조적성질에 대한 일반적개념

일반적으로 주철이나 강철 기타 여러가지 합금으로 주물품을 만들려면 이 합금의 주조적성질(주조성)이 좋아야 한다.

주조적성질이란 주물품생산공정과 주물품의 질에 영향을 미치는 성질들을 종합하여 평가하는 공학적성질이다.

여기서 공학적성질이란 외부적으로 온도와 압력 등 여러 인자들의 영향에 따라 변화되는 성질을 말한다.

합금의 주조성이 좋다는것은 질좋은 주물품을 쉽게 만들수 있다는것을 의미한다. 아무런 합금이나 녹여서 부으면 주물품이 얻어지는것이 아니다.

바로 주조적성질이 좋아야 주물품을 쉽게, 오작이 없이 부어낼수 있다.

주조적성질에는 액흐름성, 가스, 비금속개재물, 주조조직, 수축, 주조응력과 터짐, 성분몰림(편석) 등이 속한다.

여기서 가장 중요한 성질이 액흐름성이다.

액흐름성이란 쇠물이 주형안에 흘러들어가 주형내부공간을 채우는 흐름능력을 말한다.

액흐름성이 좋으면 쇠물이 주형안에 잘 들어차기때문에 못미침오작

(쇠물을 주형의 구석까지 채우지 못하여 생긴 오작)이 생기지 않고 정확한 주물품을 얻을수 있을뿐아니라 쇠물로부터 가스개재물 등이 잘 빠져나올수 있으므로 치밀한 주물품을 얻을수 있다.

또한 얇은 벽두께를 가진 주물품도 만들수 있고 쇠물온도가 낮아도 되기때문에 경제적이다.

액흐름성은 금속재료의 종류와 화학조성, 쇠물의 성질, 주형의 구조와 성질, 쇠물의 주입조건 등 많은 요인에 관계된다.

합금의 액흐름성은 점성이 작을수록 좋아지는데 쇠물의 점성은 쇠물의 온도가 높아지면 작아지고 쇠물안에 비금속개재물이 많으면 커진다.

합금의 액흐름성은 겉면장력이 크면 나빠지는데 겉면장력을 작게 하자면 쇠물의 온도를 높이고 쇠물겉면에 산화막이 생기지 않게 해야 한다.

합금의 액흐름성은 주형의 온도에도 관계된다.

쇠물을 붓기 전에 주형을 미리 가열하면 합금의 액흐름성이 좋아진다.

주조합금에는 또한 가스나 비금속개재물이 적어야 하며 주조한 다음의 조직이 치밀하여야 한다.

주조합금은 또한 주물할 때나 주조한 다음에 응력과 터짐이 생기지 말아야 하며 성분몰림이 생기지 말아야 한다.

쇠물의 액흐름성이 여러가지 공학적인자들에 따라 좋아질수도 있고 나빠질수도 있는것처럼 가스나 비금속개재물, 주조조직, 응력과 터짐, 몰림 등도 주조조건을 변화시키면 주물품의 질을 높이는데 유리하게 조절할수 있다.

주조성의 견지에서 놓고보면 주철은 강철이나 일부 유색금속합금보다도 주조적성질이 좋은 재료라고 볼수 있다.

(2) 주철주물의 특성

주철속에서 탄소는 Fe_3C 또는 흑연상태로 존재한다.

주철속에서 흑연은 판쪼각모양, 목화송이모양, 구모양으로 존재하는데 흑연의 모양과 분포상태에 따라 주철의 성질이 크게 변화된다.

주철에서는 흑연이 굵은 판쪼각모양으로 있을 때 기계적성질이 낮으며 구모양으로 있을 때는 기계적성질이 가장 높다.

주철에서는 흑연화 또는 백선화라는 말을 자주 쓰는데 흑연화란 주철안의 탄소가 흑연형태로 되는것을 말하며 백선화란 주철안의 탄소가

Fe_3C(쩨멘티트)형태로 되는것이다.

주철에서 C와 Si는 흑연화를 잘되게 하지만 Mn과 S는 흑연화를 방해한다. 또한 주물품의 랭각속도가 빠를수록 흑연화를 방해하며 지나치게 빠르면 백선화될수 있다.

① 주철의 특성

주철은 주조용합금으로서 많은 우점을 가지고있다.

-쇠물이 결정화될 때 흑연이 석출되여 합금의 수축량이 적어지므로 주조공정상 누름쇠물이 필요없거나 작아진다.

-주철안에 흑연이 있기때문에 진동흡수성과 내마모성이 높다.

-주철은 액흐름성이 좋으므로 얇고 복잡한 주물품을 부을수 있으며 주입온도가 낮으므로 주형재료에 대한 요구가 낮다.

그러나 주철은 강철에 비하여 세기가 낮고 가소성이 매우 나쁘며 취성이 크다.

② 회색주철주물

회색주철주물에서 탄소함유량은 보통 2.7~3.7% 범위에서 선정한다.

여기서 적은 량은 기계적성질을 높이거나 벽두께가 두꺼운 주물품에 쓰며 많은 량은 얇은 주물품에서와 주조성을 좋게 하기 위해서 쓴다.

주철에서 규소량은 주물품의 요구되는 조직과 성질에 따라 보통 1.8~2.5% 범위에서 선정한다.

높은 온도 또는 마모조건에서 작업하는 주물품은 알갱이성장을 막고 마모에 잘 견디게 하기 위하여 탄소량을 높이고 규소량을 낮춘다.

망간량은 보통 0.5~1.2% 범위에서 선정하는데 적은 량은 터질수 있는 얇은 주물품에 적용하고 많은 량은 두꺼운 주물품 또는 마모에 견디게 해야 할 주물품에 적용한다.

린과 류황은 주물품에서 나쁜 영향을 주므로 0.3%이하로 제한해야 한다.

회색주철의 선수축량은 1%이하이기때문에 주조응력이 크게 나타나지 않는다.

회색주철은 주조성이 좋고 녹음온도가 낮으므로 주조공정상 요구가 강주물품에서보다 낮다.

③ 구상흑연고강도주철주물

보통 회색주철쇠물에 약간한 량(0.3~1%)의 Mg, Ce, Ca 등의 개량제를 넣으면 주철안의 흑연이 구상(구모양)으로 되면서 주철의 세기

와 내마모성, 연신률이 높아진다.

구상흑연주철은 당김세기가 450MPa이상, 연신률은 10%까지인데 이것은 강철이나 유색금속보다 값이 눅으므로 일련의 강주물, 단조품, 유색금속주물, 가단주철주물을 대신할수 있다.

구상흑연주철을 만들기 위해서는 복합개량제를 준비한 다음 쇠물남비에 1.5~3% 넣고 쇠물을 받은 다음 슬라크를 걷어내고 주물한다.

구상흑연주철은 회색주철보다 액흐름성이 좋고 수축은 좀 크며 수축관형성경향성이 크기때문에 주조공정상 누름쇠물을 설치하여야 한다.

구상흑연주철은 열처리가 잘되므로 소경, 소려, 소준, 등온소경 등을 하여 여러가지 특수하게 요구되는 기계부분품재료로 널리 쓰이고있다.

④ 주철의 용해

-용선로에서 주철의 용해

주철은 주로 용선로에서 녹인다

용선로의 구조를 그림 2-13에 주었다.

그림 2-13. 용선로의 구조

1-앞로, 2-출재구, 3-출선구, 4-중간출선구, 5-밑문, 6-기둥, 7-밑판, 8-로바닥, 9-밑란층, 10-바람주둥이, 11-바람통, 12-벽돌안붙임, 13-외피, 14-장입작업대, 15-주철벽돌, 16-장입문, 17-장입기중기, 18-불꽃잡이, 19-장입바가지, 20, 21- 1회장입량

용선로로체는 원통형강철걸면 13안에 벽돌 12로 안붙임하여 기둥 6우에 놓인 강철밑판 7우에 설치되여있다.

로체의 꼭대기에는 불꽃잡이 18이 설치되여있고 장입물은 장입문 16을 통하여 넣게 되여있다.

로안붙임의 웃부분에는 장입물이 부딪칠 때 벽이 떨어지지 않게 주철벽돌 15로 쌓는다. 로체의 밑부분에는 바람주둥이 10이 있고 밑판구멍에는 안붙임을 수리하기 위한 밑문 5가 있다.

앞로는 일정한 량의 주철쇠물을 저축하며 쇠물의 온도와 조성을 균일하게 해주는 역할을 한다.

용선로에는 2단 또는 3단원심송풍기가 설치되여있으며 송풍관을 거쳐 바람을 바람통 11에 보낸다.

용선로장입물은 금속장입물, 연료, 용제로 이루어진다.

금속장입물로서는 주물품용선철, 파강철, 파주철, 직장회수물, 합금철 등을 쓴다.

합금철은 용해과정에 적어지는 규소나 망간의 량을 조절하기 위하여 쓰며 그밖에 특수한 성질을 보장하기 위하여 크롬철, 동 등도 쓴다.

용선로용연료로는 무연알탄, 미분탄 등을 쓰는데 무연알탄의 누름세기는 3~8MPa정도이고 그 크기는 Φ50~100mm정도로 한다.

용제는 연료의 회분, 장입물의 불순물 등을 슬라크로 만들어 없애는 작용을 하는데 주로 석회석, 형석 등을 쓴다.

용선로용해를 위해서는 처음에 밑탄을 넣고 불을 지핀 다음 송풍기로 바람을 보내면서 용제, 금속장입물, 연료 등의 순서로 넣는다.

용선로에 바람을 보내면 바람은 밑탄층을 통하여 우로 올라가며 용선로의 중심까지 들어간다. 이때 연료가 타면서 금속장입물을 녹여 쇠물을 만들게 된다. 첫 출선은 앞로에 쇠물이 고여 출재구로 슬라크가 나올 때에 한다.

용해과정에 쇠물온도가 낮아지면 금속장입량을 줄이고 연료량을 조금 늘여야 한다.

용선로용해를 빨리 하기 위해 공기를 예열하거나 산소를 불어넣기도 한다.

-유도로에서 주철의 용해

고급주철, 고강도주철 등을 생산하는데는 주로 유도로를 쓴다.

주철을 녹이는데는 공업용주파수의 전류로 작업하는 철심저주파유도로가 많이 쓰인다.

철심저주파유도로에서는 1차권선의 역할을 하는 유도자안에 철심을 설치하여 자속루실을 줄이고 력률을 높여주도록 하였다.

2차권선의 역할은 유도자를 둘러싸는 고리모양의 통쇠인 단락고리가 한다.

유도자에 공업주파수의 교류를 통과시키면 단락고리에서 유도전동력이 발생하며 그에 의해 열이 집중적으로 발생되여 녹아 쇠물고리(도랑)를 형성한다. 도랑안에 열에네르기가 축적되고 그 열이 점차 장입물에 전달되여 녹게 된다. 그러므로 철심저주파유도로(또는 도랑식유도

로)의 도랑안은 항상 금속이 꽉 차있는 상태로 유지되여있어야 한다.

유도로에서 주철을 녹이기 위하여 처음에 도가니안에 큰 덩어리의 장입물들을 빽빽이 장입하고 유도자에 전류를 통과시킨다.

그러면 장입물에 유도전류가 흘러 그의 전기저항열에 의하여 장입물이 가열되여 녹는다. 부분적으로 녹은 다음 작은 장입물들과 합금철을 장입한다. 쇠물이 다 녹고 일정한 온도까지 오르면 출선하며 주형에 주입한다.

2) 강주물생산

(1) 강주물의 분류와 특성

강주물은 화학조성에 따라서 탄소강주물과 합금강주물로 나눈다.

탄소강주물은 탄소함유량에 따라

① 저탄소강주물(C＜0.25%)

② 중탄소강주물(0.25%＜C＜0.45%)

③ 고탄소강주물(C＞0.45%)로 나눈다.

저탄소강주물품은 녹음온도가 높고 액흐름성이 나쁘다.

또한 쇠물의 산화가 심하고 열간터짐이 잘 생긴다.

중탄소강주물은 저탄소강주물보다 액흐름성이 좋고 녹음온도가 낮다.

그러나 열전도성이 나쁘기때문에 식힐 때 주조응력이 심하게 생기므로 랭간터짐이 생길수 있다.

고탄소강주물은 주조응력이 심하다.

고탄소강주물은 굳고 내마모성이 좋으므로 차바퀴 같은것을 주조하는데 쓰인다.

합금강주물은 합금원소의 함유량에 따라

① 저합금강주물(합금원소 2.5%이하)

② 중합금강주물(합금원소 2.5~10%)

③ 고합금강주물(합금원소 10%이상)로 나눈다.

강주물품은 또한 사용목적에 따라

① 일반구조용강주물

② 내산내알카리강주물

③ 내열강주물

④ 내마모강주물로 나눈다.

강주물은 일반적으로 주철보다 주조성이 나쁘다.

강철쇠물의 온도는 보통 1 500~1 600℃가 되므로 산화가 심하고 액흐름성도 나쁘므로 얇고 복잡한 주물품은 만들기 힘들다. 또한 강주물은 응고될 때 수축량이 주철에서보다 훨씬 크다.

일반적으로 선수축은 2~3%, 체적수축(수축관형성경향성)은 4.5~9%나 된다. 그러므로 모형의 치수를 주철보다 크게 하고 누름쇠물을 반드시 설치하여야 하며 식힘쇠를 써야 한다.

또한 강주물은 주조응력이 크게 생기고 터짐경향성이 크다.

그러므로 주형과 심형의 신축성이 커야 하며 주물품을 털어낸 다음에는 반드시 열처리를 해야 한다.

이밖에 강주물품을 부을 때에는 주물품의 종류, 크기에 따라 주조조건을 합리적으로 선정하여야 주조결함을 줄이고 질을 높일수 있다.

(2) 몇가지 강주물의 생산특성

① 탄소강주물

강주물가운데서 탄소강주물은 여러가지 기계들을 비롯하여 자동차, 뜨락또르, 금속설비, 광산설비 등 세기가 높고 충격짐을 받는 부분품을 만드는데 쓴다.

탄소강에서 탄소의 량이 많아지면 세기와 굳기는 높아지나 연신률은 떨어진다. 한편 탄소량이 많아지면 녹음온도는 낮아지고 액흐름성은 좋아지며 소착(타붙음성경향)은 적어지나 열전도성이 나쁘므로 주조응력이 커지게 된다.

탄소강주물품에서 규소는 탈산작용을 하며 주물품의 성질에는 크게 영향을 주지 않는다.

② 흑연화강주물

흑연화강이란 탄소가 2%이하 들어있으며 탄소의 일부가 흑연의 형태로 있는 강철이다.

흑연화강은 강주물과 주철주물의 좋은 성질을 다 가지고있다.

흑연화강은 세기가 높고 일정한 정도의 연신률과 충격값을 가지고있으며 액흐름성이 좋으므로 복잡한 주물품도 만들수 있고 수축률이 탄소강보다 작으므로 수축관, 터짐 등의 결함이 적게 나타난다.

그리고 조직안에 흑연이 있으므로 마찰결수가 작고 내마모성이 높으며 진동흡수성도 좋다. 이와 같은 특성으로 하여 흑연화강은 크랑크축을 비롯하여 마모에 견디는 부분품, 형타 같은것을 만드는데 쓴다.

③ 합금강주물

주물용강철에 합금원소를 약간만 넣어도 기계적성질이 급격히 높아지므로 주물품의 질량을 많이 줄일수 있다.

많이 쓰이는 합금원소들은 Si, Mn, Cr, Ni, Mo, V, Cu, Ti, Zr, B 등이다.

주조용합금강주물에서는 합금원소를 1%이하로 넣어주어 기계적성질을 높이고 열처리특성을 좋게 한다.

특히 우리 나라에 흔한 합금원소들인 Si, Mn, Cr, Cu, Ti, Zr, B 등으로 합금강주물품을 만들어 쓰면 기계제품을 가볍게 만들면서도 더 좋게 만들수 있다.

주조용합금강주물품의 기계적성질을 보면 보통 강주물품에 비하여 세기는 1.5배이상 높다.

내열강 및 내산강주물품과 내마모강주물품은 합금원소를 많이 넣어 만든다.

내열강으로는 Cr가 13~18%인 합금을, 내산강으로는 Cr-Ni강인 Cr18Ni19Ti주 등을 많이 쓴다.

크롬이 많이 들어간 합금쇠물은 쇠물겉면에 산화물이 많이 생기므로 점성이 높아져 주조성이 나쁘며 열간터짐경향성도 크므로 주조공정을 잘 작성하여야 한다. 내마모강으로서는 고망간강인 Mn13주가 많이 쓰인다.

고망간강은 주조할 때 액흐름성은 좋으나 소착이 심하며 주조후 기계가공하기가 힘들다. Mn13주는 뜨락또르, 불도젤 등의 무한궤도, 굴착기바가지의 이발 등을 주조하는데 많이 쓰인다.

3) 유색금속주물생산

(1) 동합금주물

① 동합금주물의 주조특성

일반적으로 동합금은 녹음점(840~1 200℃)이 주철보다 낮으며 선수축(1.1~2.3%)과 체적수축(4.4~8.8%)이 주철보다 크다.

동합금은 조성에 따라 액흐름성을 비롯한 주조적성질이 달라진다.

동합금주물생산에서 고려하여야 할 주조특성은 다음과 같다.

-동합금은 녹음점이 비교적 낮으므로 조형혼합물에 대한 요구가 높지 않다.

-동합금은 밀도가 크기때문에 주물품에 혹이 생길수 있다.

-동합금은 수축이 크므로 누름쇠물, 식힘쇠를 잘 써야 한다.

-동합금은 가스집형성경향성이 크기때문에 조형재료, 쇠물남비 등에 가스발생물질이 적어야 하며 녹일 때 정련을 충분히 해야 한다.

-동합금은 주입온도에 따라 수축몰림, 기계적성질 등이 많이 달라지므로 주입온도를 잘 설정해야 한다.

② 동합금의 용해

동합금은 도가니로, 유도로 등에서 녹일수 있다. 작은 주물품을 부을 때에는 도가니로를 쓰고 큰 주물품을 붓거나 많은 주물품을 부을 때에는 유도로를 쓴다.

도가니로로서는 흑연, 샤모트 및 석영도가니를 쓰는데 흔히 흑연도가니를 많이 쓴다.

동합금을 녹이기 위한 금속장입물로서는 전기동, 회수물, 절삭밥, 중간합금 등을 쓰되 오물이나 쇠껍질 같은것이 없도록 잘 청소해야 한다.

중간합금은 동합금에 합금원소를 많이 함유한 합금을 말하는데 이것은 녹음점이 낮으므로 동합금을 녹일 때 용해시간을 줄이고 산화손실을 적게 한다. 많이 쓰는 중간합금들은 다음과 같다.

Cu-Si20(Si 20%), Cu-P10(P 10%), Cu-Al(Al 50%), Cu-Mn20(Mn 20~25%) 등이다.

동합금을 녹일 때에는 량적으로 가장 많은 기본장입물을 먼저 녹이고 다음에 나머지 금속장입물을 넣는다.

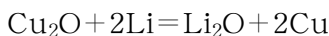
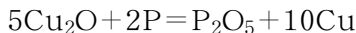
특히 산화와 증발이 심한 금속(Zn, Pb, Sn 등)들은 쇠물을 주입하기 전에 넣어야 한다.

쇠물의 산화와 가스스밈을 막기 위하여 장입물과 쇠물겉면에 보호용용제(숯, 톱밥, 유리, 붕사 등)를 덮어주어야 한다.

여러가지 산화개재물, 가스, 혼입물 등을 없애기 위하여 쇠물의 정련처리를 하여야 한다. 정련용용제로서는 보통 소금, 염화아연, 붕사, 불화염 등을 쓴다.

쇠물속에 있는 산소를 빼기 위한 탈산제로는 린, 리티움, 망간, 동 등을 쓰는데 이때 일어나는 반응은 다음과 같다.

$$5Cu_2O+2P=P_2O_5+10Cu$$

$$Cu_2O+2Li=Li_2O+2Cu$$

여기서 P_2O_5은 347℃에서 기체로 되여 나온다. 탈산은 기본금속인 동을 녹인 다음 중간합금을 넣기 전에 하는것이 좋다.

③ 황동주물

황동은 동과 아연의 합금이다. 동과 아연만을 함유하는 합금을 단순황동, 아연 및 Si, Mn, Al 등을 함유하는 합금을 특수황동이라고 한다.

단순황동은 주조성이 좋을뿐아니라 물리기계적성질도 좋으며 가공성도 좋다.

동에 아연을 합금하면 녹음온도가 낮아지고 액흐름성이 좋아진다.

아연은 자체가 탈산능력을 가지기때문에 용해조건도 좋다.

주조용황동은 주로 아연이 35~45%범위에 있다.

특수황동은 기계적성질, 내부식성, 내마모성이 좋다.

기계제작에서 널리 쓰는 특수황동은 규소황동, 망간황동, 알루미니움황동, 연황동 등이다.

규소황동은 액흐름성과 주형충만성이 좋으며 기계적 및 물리적성질도 좋다. 보통 규소가 3~4.5%인것을 많이 쓴다.

망간황동은 내마모재료로 많이 쓰는데 액흐름성이 좋지 못하다.

황동에 연을 1~2% 넣으면 가공성이 개선되고 내마모성이 좋아진다.

특수황동주물에서는 중간합금을 잘 만들어 써야 필요한 기계적성질을 보장할수 있다.

④ 청동주물

청동주물은 석을 합금한 석청동주물과 석을 합금하지 않고 다른 원소들을 합금한 무석청동주물로 나눈다.

청동은 마찰결수가 작고 내마모성과 내부식성이 좋다.

석청동의 중요한 특성은 액흐름성이 나쁘며 결정들사이에 분산된 수축공이 생기는것이 결함이다. 때문에 주조할 때 랭각속도를 빨리 하거나 가압주조 또는 진동주조하는것이 좋다.

석청동에서 석의 량을 늘이면 세기, 굳기, 내부식성이 높아지고 연신률은 떨어진다. 한편 녹음온도가 낮아지고 주조성이 좋아진다.

석청동주물품에 아연, 연, 니켈, 린 등을 넣으면 공학적성질이 개선되고 석의 량을 줄이므로 원가를 낮춘다.

무석청동은 그안에 들어있는 기본합금원소에 따라 알루미니움청동, 연청동 등으로 나눈다.

알루미니움청동은 알루미니움을 8.5~9.5% 넣어서 만드는데 기계적성질이 높다. 그러나 주조할 때 천천히 식히면 터짐이 생기므로 철, 망간, 니켈 등을 더 합금하여 쓴다.

알루미니움청동은 주조할 때 수축이 크고 액흐름성이 나쁘며 가스흡수경향성이 크다.

연청동은 내마모재료로 널리 쓰이는데 주조할 때 연의 몰림이 심하므로 잘 저어서 빨리 식히는 방법으로 주조한다.

보통 연을 30%정도 함유한 청Pb30을 많이 쓴다.

(2) 알루미니움합금주물

① 알루미니움합금주물의 주조특성

일반적으로 알루미니움합금은 녹음점이 낮고 선수축(0.8~1.5%)이 작으며 체적수축은 비교적 크다.

상대적밀도는 2.5~3정도로서 매우 작고 열전도도가 높다.

알루미니움합금도 동합금과 마찬가지로 합금의 조성에 맞게 주조기술공정을 합리적으로 세워야 한다.

알루미니움합금주물에서 고려하여야 할 주조특성은 다음과 같다.

-녹음점이 낮으므로 조형재료에 대한 요구가 높지 않다.

-쇠물이 인차 식으며 산화피막이 생기므로 못미침오작이 생기기 쉽다.

-쇠물의 밀도가 작으므로 모래와 개재물이 잘 떠오르지 못한다.

개재물결합을 막자면 주입구체계에서 슬라크잡이대책을 반드시 세워야 한다.

② 알루미니움합금의 용해

알루미니움합금은 동합금보다도 녹음점이 퍽 낮으므로 여러가지 로들에서 쉽게 녹일수 있다.

장입재료로는 알루미니움괴와 회수금속, 중간합금 또는 합금원료들이 쓰인다.

알루미니움합금은 도가니로, 불길로, 전호로들에서 녹이는데 도가니로는 주철 또는 내열강도가니로를 쓸수 있다.

알루미니움합금은 쉽게 산화되고 가스를 빨아들이는 경향성이 심하다.

그러므로 용해의 전 과정에 가스흡수와 산화를 막는데 주의를 돌려야 한다.

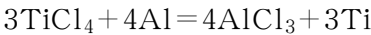
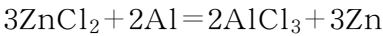
알루미니움합금에서 Fe는 유해혼입물이므로 들어가지 않게 용해공구들에 내화점토피복을 하고 잘 말리워 써야 한다.

쇠물의 산화를 막기 위하여 녹음점이 낮은 용제로 쇠물을 덮어서 보호해준다.

알루미니움합금주물품에 가스구멍과 산화개재물이 생기는것을 막고 치밀성을 높이기 위하여서는 탈가스와 정련을 잘하여야 한다.

그러기 위하여 쇠물에 불활성가스를 불어넣거나 염소화합물을 써서 $AlCl_3$가스집을 만들어 쇠물속의 가스들을 잡아가지고 떠오르게 한다.(그림 2-14)

$$3ZnCl_2+2Al=2AlCl_3+3Zn$$

$$3TiCl_4+4Al=4AlCl_3+3Ti$$

형성된 $AlCl_3$은 180℃에서 증기로 되면서 큰 가스집을 형성하여 쇠물에서 떠오른다.

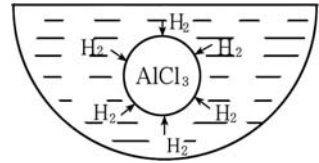



그림 2-14. 염화염, 염소가스에 의한 정련

알루미니움합금을 주물할 때에는 알갱이미세화를 위한 개량제로 Na 또는 NaCl 등을 쓴다.

③ 주조용알루미니움합금

주조용알루미니움합금은 화학조성에 따라 크게 Al-Si계합금, Al-Cu계합금, Al-Mg계합금, Al-Zn계합금으로 나눌수 있다.

주조용Al-Si계합금에서 규소함유량은 6~13%정도이다.

규소가 많아질수록 알갱이가 커지면서 결정조직은 굵어지며 가스공형성경향성이 커진다.

Al-Si계(씰루민)합금은 모래형주조보다 금형주조하면 조직이 더 미세해진다.

Al-Mg계합금은 알루미니움합금들가운데서 세기가 제일 높고 밀도는 제일 작다.

이 합금은 쇠물을 부을 때 산화가 심하고 주입온도에 따라 알갱이크기가 많이 달라진다. 그러므로 이 합금에 Cr, Mn, Be 등을 넣어서 성질변화가 적어지게 한다.

Al-Si계합금은 자동차의 피스톤을 비롯한 복잡한 주물품을 주조하는데 널리 쓰인다.

3. 주조방법

1) 모래형주조방법

모래주형은 손으로 만들수도 있고 조형기계로 만들수도 있다.

손으로 주형을 만드는 방법에는 틀조형법, 깎음판조형법, 마당조형법이 있으며 기계로 주형을 만드는 방법에는 압축식조형기, 진동식조형기 및 분사식조형기에 의한 조형방법이 있다.

이가운데서 몇가지 조형방법만을 보면 다음과 같다.

(1) 손조형법

① 틀조형법

이것은 두개의 주형틀을 가지고 주형을 만드는 방법으로서 조립을 정확하게 빨리 할수 있으며 주물품의 질을 높일수 있다.

그림 2-15에 두개의 주형틀과 분리식모형을 가지고 주형을 만드는 순서를 략도로 보여주었다.

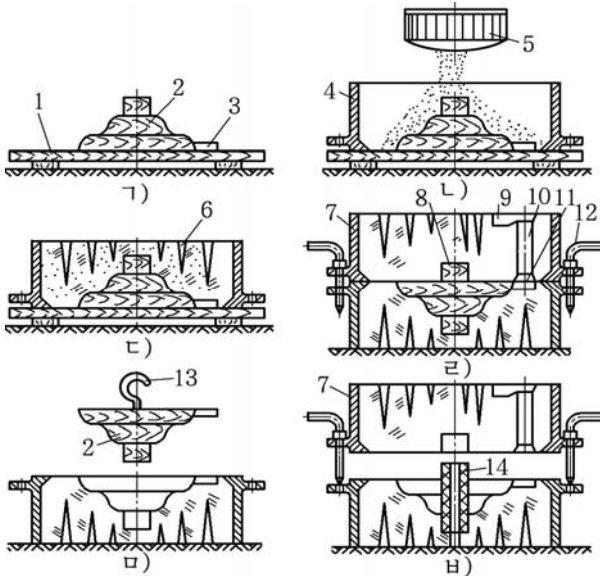



그림 2-15. 틀조형방법

1-모형정반, 2-아래모형, 3-쇠물문모형, 4, 7-주형틀, 5-채, 6-통기구멍, 8-웃모형, 9-쇠물접시, 10-쇠물대모형, 11-슬라크잡이모형, 12-주형틀조립핀, 13-들개고리, 14-심형

그림의 ㄱ)에서 보는바와 같이 처음 모형정반 1우에 쇠물문모형 3이 달린 아래모형 2를 놓는다.

다음 아래주형틀을 그림의 ㄴ)와 같이 놓고 채 5로 살혼합물을 모형이 완전히 덮이게 고루 뿌려준다.

살혼합물이란 주물할 때 쇠물과 직접 접촉하는 혼합물로서 다짐혼합물보다 내화도가 높고 질이 보다 좋은 혼합물이다.

살혼합물층의 두께는 다진 후에 10~60mm(주물품이 클수록 더 두껍게)이상 보장되게 하여야 한다.

다음 살혼합물층우에 다짐혼합물을 삽으로 퍼넣고 다짐대로 다져준다.

먼저 그림 2-8에 보여준 끌이 둥근 쐐기형머리가 달린 다짐대로 다지는데 다지는 차례는 주형틀벽쪽으로부터 점차 모형이 놓인 가운데로 가면서 다져준다.

이때 다짐머리가 모형에 직접 부딪치지 않게 하여야 한다.

다질 때 다짐도를 고르롭게 보장하기 위하여 처음에는 쐐기형머리부다짐대로 다지고 다음에 평면머리부다짐대로 다진다.

다 다진 다음 틀의 웃면에 남은 혼합물층을 직선자로 긁어서 평탄하게 하고 그림 2-9의 ㄷ)와 같은 통기침으로 통기구멍(그림 2-15에서 6)을 내준다.

다음 평탄하게 만든 자리에 아래주형을 뒤집어놓고 그우에 분리모래를 뿌린다.

모형우에 덮인 분리모래는 압축공기로 불어버리고 조립못에 맞추어 웃모형 8을 아래모형에 맞춘다.

다음 그림의 ㄹ)와 같이 주형틀조립핀 12를 리용하여 아래형타에 웃형타를 맞추고 슬라크잡이모형 11, 쇠물대모형 10을 설치하고 아래형타를 다질 때와 꼭같이 웃형타를 다진다.

쇠물접시 9는 모형을 리용하여 만들수도 있고 쇠물대모형을 빼내기 전에 조형숟가락으로 파줄수도 있다.

역시 주형틀웃면에 다지고 남은 혼합물을 직선자로 긁어내고 통기구멍을 내준 다음 쇠물대모형을 가볍에 울려서 빼낸다.

다음 주형틀조립핀 12를 빼내고 웃형타를 들어 뒤집어놓는다.

아래형타나 웃형타를 뒤집어놓을 자리는 미리 평탄하게 만들어야

한다.

아래형타와 웃형타에서 모형을 뽑아내는데 이때 주형의 모서리가 떨어지는것을 막기 위하여 형을 울려 뽑기 전에 모형둘레의 주형모서리에 붓으로 물칠을 해준다.

모형을 쉽게 뽑아내고 주형이 마사지는것을 막기 위하여 모형을 나무마치나 고무마치로 울려준다.

모형에 들개고리 13을 틀어박고 수직으로 조심히 들어서 빼낸다.

다음 그림 2-10에 보여준 주형완성공구들을 가지고 주형을 다듬어 완성한다.

아래웃형타의 주형걸면에 분착제를 뿌려주고 미리 만들어 말린 심형 14를 아래형타에 설치하고 조립핀 12를 리용하여 웃틀을 아래틀에 조립한다.

② 깎음판조형법

깎음판조형법은 크고 간단한 원형자름편의 주물품을 만들 때 흔히 적용한다.(그림 2-16)

깎음판조형은 축받치개를 움직이지 않게 놓은 다음 다짐혼합물을 놓고 다지며 그우에 살혼합물을 입힌 다음 모형고정팔에 고정시킨 깎음판모형을 좌우로 돌려 혼합물을 다지고 깎으면서 주형을 만든다.

깎음판조형을 큰 치차나 곡관 등을 한두개 만들 때 쓰면 좋다.

그림 2-16. 치차주형의 깎음판조형
ㄱ-아래형타조형, ㄴ-웃형타조형,
ㄷ-조립된 주형

③ 마당조형법

이것은 대칭이 아닌 매우 크고 무거운 주물품을 한두개 만들 때 하는데 조형장바닥을 파고 거기에서 직접 주형을 만드는 방법이다.

먼저 모형의 높이보다 주형을 만들 자리를 500~600mm정도 더 깊이 파고 탄재덩이를 200~300mm 두께로 깐 다음 통기관을 묻어 아래형타에

서 가스가 잘 빠지게 한다.

그리고 탄재덩이우에 벼짚을 깔아 혼합물이 탄재덩어리사이의 구멍을 메우지 않게 하고 다짐혼합물을 100~300mm 두께로 다지고 통기구멍을 낸 그우에 살혼합물을 넣고 틀조형방법과 같은 방법으로 주형을 만든다.(그림 2-17)

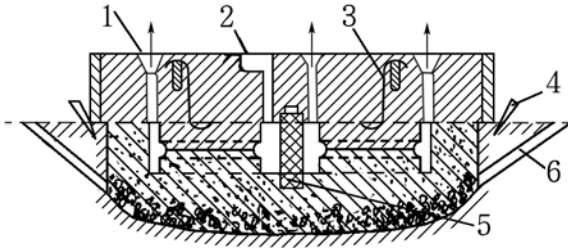



그림 2-17. 마당조형

1-오름쇠물, 2-주입구체계, 3-보강쇠, 4-표시말뚝, 5-심형, 6-통기관

(2) 기계조형법

① 압축식조형기에 의한 조형

압축식조형기에는 상부압축식과 하부압축식이 있다.

상부압축식조형기(그림 2-18)에서는 기계우에 주형틀을 놓은 다음 혼합물을 채우고 압축기로 피스톤 1을 들어올려서 주형을 다진 다음 피스톤을 내리우고 주형을 꺼내게 되여있다.

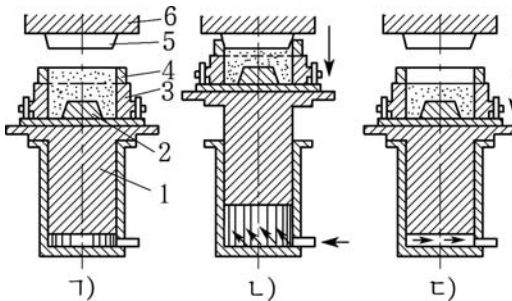



그림 2-18. 상부압축식조형기의 작용원리

ㄱ-조형혼합물채우기, ㄴ-혼합물다지기, ㄷ-주형의 완성;
1-피스톤, 2-모형, 3-주형틀, 4-보조틀, 5-압축판, 6-웃가름대

② 진동식조형기에 의한 조형

진동식조형기의 작업원리를 그림 2-19에 주었다.

조형기의 진동테블 5우에 고정된 모형판에 주형틀 1을 놓고 혼합물을 채운 다음 압축공기변을 열면 압축공기의 작용으로 진동테블이 우로 올라간다.(그림의 ㄱ, ㄴ)

그림 2-19. 진동식조형기의 작업원리
1-주형틀, 2-모형, 3-모형판, 4-지지본체, 5-진동테블

다음 배기구멍이 열리면 실린더안의 공기압력이 급격히 낮아지고 진동테블은 주형틀과 함께 빠른 속도로 떨어져 본체 4에 부딪치면서 관성에 의하여 혼합물이 다져진다.(그림의 ㄴ, ㄷ)

이런 과정이 반복되면서 혼합물이 다져진다.

2) 특수주조방법

특수주조방법에는 금형주조, 초형주조, 원심주조, 가압주조, 감압주조, 저압주조, 련속주조 등 여러가지 방법들이 있다.

특수주조방법을 쓰면 모래형주조방법으로는 만들수 없는 주조품을 보다 질좋게 만들어낼수 있다.

여기서는 몇가지 특수주조방법들에 대하여 간단히 보기로 하자.

① 금형주조

금형주조는 금속으로 만든 주형안에 쇠물을 부어넣어 주물품을 생산하는 방법이다.

금형주조하면 주물품이 빨리 식기때문에 주조조직이 치밀하고 기계적성질이 높으며 모래를 쓰지 않으므로 생산원가가 적게 든다.

또한 주물품의 치수정밀도가 높고 오작이 적게 생긴다.

금형은 한번 만들면 여러번 쓸수 있기때문에 유리하다.

그러나 금형주조법은 금형을 만들기가 힘들며 겉모양이 복잡하거나 큰 주물품을 주조하기 불리하다.

주철주물을 주조할 때에는 주물품의 랭각속도를 조절하며 더 오래 쓰게 하기 위하여 일정한 두께로 씌움감을 씌운다.

또한 금형주조할 때 쇠물이 잘 들어찰수 있게 금형을 120~250℃ 정도로 가열하여야 한다.

금형을 조립한 다음에는 쇠물을 부어넣는다.

금형안에서 주물품의 유지시간을 될수록 짧게 잡도록 한다.

② 원심주조

원심주조는 돌아가는 금형에 쇠물을 부어넣고 원심력의 작용밑에 응고시켜 주조하는 방법이다.

원심주조하면 금속조직이 치밀해지며 심형을 쓰지 않고도 속이 빈 주물품을 얻을수 있다.

원심주조기에는 회전축의 배치상태에 따라 세가지형 즉 수직, 수평 및 경사회전축이 있는 원심주조기들이 있다.

원심주조는 주로 원통형주물품 즉 주철관이나 토시와 같은 주물품을 만드는데 많이 쓰인다.

주철관과 같이 비교적 길이가 긴 주물품은 수평원심주조기나 경사주조기에서 만들고 길이가 짧은 토시와 같은 주물품은 수직원심주조기에서 만든다.

그림 2-20에 수직원심주조기에서 가락지형주물품을 만드는 략도를 주었다.

돌아가는 주형에 쇠물을 부으면 쇠물은 원심력의 작용을 받아 주형벽쪽으로 쏠리게 되며 결과 가운데가 빈 주물품이 만들어지게 된다.

그림 2-20. 수직원심주조기
1-주형, 2-전동기, 3-주물, 4-쇠물남비

③ 기타 특수주조

-초형정밀주조

초형정밀주조는 초로 초모형을 만들고 거기에 씌움감을 입혀 껍질을 만든 다음 초모형을 녹여내여 얻어진 껍질주형에 쇠물을 부어서 정밀한 주물품을 생산하는 방법이다.

초형정밀주조로는 재봉기부속, 각종 공구정밀기계부속품, 방직기계부속품 등을 만든다.

초형정밀주조재료로는 흔히 파라핀과 스테아린의 혼합물을 쓰고 씌움감으로는 석영가루와 주물모래를 쓰며 점결제로는 물유리를 쓴다.

초모형묶음에 씌움감액을 입히고 여기에 모래를 뿌린 다음 경화시킨다.

다음 더운물, 더운공기로 초모형을 녹여내고 틀안에 설치한다.

껍질둘레를 모래로 다진 다음 껍질을 800~900℃에서 소성하고 쇠물을 주입한다.

-가압주조

가압주조란 금속으로 만든 주형에 쇠물을 높은 압력으로 응고시키는 방법으로 주물품을 만드는 주조방법을 말한다.

가압주조에서 쇠물의 합리적인 압력은 아연합금주물에서 30~60MPa, 알루미니움합금주물에서 35~80MPa, 동합금주물에서 40~100MPa이다.

주물품의 두께가 클수록 압입압력은 높아야 한다.

가압주조는 주물품의 정밀도와 정결도가 매우 높고 생산성이 매우 높다. 얇고 복잡한 유색금속합금(Zn합금, Al합금, Mg합금, Cu합금) 주물을 대량 생산하는데 널리 리용된다.

이밖에도 긴 관이나 판, 강괴 같은 주물품을 한쪽에서는 쇠물을 련속 붓고 다른쪽에서는 련속 뽑아내는 련속주조방법, 전기슬라크주조, 진공흡입주조, 감압주조, 가스화모형에 의한 주조, 껍질주조 등 여러가지 특수주조방법들이 있다.

4. 주조결함과 원인

1) 가스집

금속을 녹일 때 장입재료로부터 나오는 가스와 대기중의 가스, 주형재료로부터 생기는 가스가 쇠물우에 스며드는 결과에 생긴다.

때문에 대부분의 가스집은 주물품겉면에 생긴다.

가스발생량은 산화된 금속장입재료를 쓰거나 장입재료에 오물이 많을 때 그리고 조형혼합물에 물기가 많을 때, 주형의 가스빠짐성이 나쁠 때, 칠감재료에 가스발생물질이 많을 때 더욱 많아지므로 가스발생원천을 없애야 한다.

2) 수축구멍, 수축취약부

수축구멍은 응고구간이 긴 합금과 주물품의 두께가 두껍고 랭각속도가 뜰 때, 주물품의 자름면에 나무가지결정이 형성될 때 주로 생긴다.

즉 쇠물의 줄음은 나무가지결정들사이에 분산된 수축구멍형태로 나타난다.

수축취약부는 제일 마지막에 응고되는 수축관밑에 혹은 누름쇠물밑에 집중적으로 생긴 수축구멍들에 의하여 형성된다.

수축구멍들의 형성을 막고 주조조직을 치밀하게 하기 위해서는 주물품의 구조설계에서 열매듭이 생기지 않고 원할하게 련결되도록 하며 주물품이 응고될 때 차례응고원칙이 보장되도록 해야 한다.

또한 합금의 화학조성을 정확히 맞추고 누름쇠물, 식힘쇠 등을 설치하여 결정화조건을 변화시켜야 한다.

그리고 주입온도는 될수록 낮추고 주입속도는 뜨게 해야 한다.

3) 비금속개재물

이것은 주로 쇠물이 쇠물남비나 주형재료와 작용하여 생기는 광재개재물에 의한 결함으로서 주입체계의 구조설계를 잘못하여 광재를 잡아주지 못할 때, 조형혼합물의 불견딤도가 낮거나 주형통안에 먼지 및 혼합물찌끼가 있을 때 주로 생긴다.

또한 쇠물을 련속적으로 붓지 못하고 멈추었다가 부을 때 개재물이 쇠물과 같이 주형안에 들어가거나 광재의 끈기가 커서 쇠물과 잘 갈라지지 않는 경우에도 생길수 있다. 이것을 막기 위해서는 주입체계에 원심광재잡이를 설치하거나 틈형쇠물문을 설치해야 하며 쇠물을 멈춤이 없이 련속적으로 붓고 주전자식남비를 써서 광재가 들어가지 못하도록 하며 남비에서 쇠물을 유지하여 광재개재물이 잘 떠오르도록 해야 한다.

4) 터짐

터짐은 주조과정에 발생된 주조응력의 크기가 해당한 온도에서 그 합금의 세기한계를 넘을 때 생긴다.

열간터짐은 쇠물이 응고될 때 줄음에 대한 열적제한작용으로 랭각속도가 서로 차이나는 구역에서 주로 생긴다.

따라서 두께차가 심한 부분, 모서리부분, 열전도도가 매우 작은 합금주물품에서 생긴다. 이것을 막기 위해서는 주물품의 벽두께를 고르게 해야 하며 구조상 작은 자름면과 큰 자름면을 가지는 부분이 련결되는 경우에 그 부분에 보강륵골을 대주어야 한다.

또한 조형혼합물의 신축성을 보장하기 위하여 높은 온도에서의 조형혼합물세기를 낮추며 톱밥을 넣어 신축성을 높여야 한다.

주형을 미리 예열하며 두꺼운 부분에는 식힘쇠를 설치해야 한다.

합금의 화학조성을 선정할 때 류황함유량은 낮추고 망간함유량을 높이며 쇠물안의 산소, 류황을 잘 빼야 한다.

랭간터짐은 튐성변형구역(620~650℃아래)에서 식힐 때 남은 응력이 세기한계보다 크면 생긴다.

랭간터짐은 주로 주철에서 많이 생긴다.

이것을 막기 위해서는 주물품주조의 두께차가 없도록 하는것과 함께 식힘을 고르롭게 보장하며 특히 랭간터짐이 형성되는 온도구역에서 주물품의 랭각속도를 느리게 해야 한다.

이와 함께 주철에서 흑연화촉진원소들의 량을 늘이고 린과 같이 랭간취성을 일으키는 원소들의 량을 낮추어야 한다.

5) 겉면결함

타붙음은 쇠물이 주형에서 굳어지고 식을 때 주물품겉면에 주형재료가 이러저러한 원인에 의하여 녹아붙는 결함이다.

주형재료의 불견딜도가 낮거나 조형혼합물에 불순물이 많을 때, 모래알갱이가 작을 때, 쇠물과 닿는 주형벽의 공극이 클 때, 쇠물의 수력학적압력이 클 때, 칠감을 정확히 바르지 못했거나 칠감재료를 잘못 선정했을 때 생긴다.

이것을 막기 위해서는 조형혼합물에서 규소의 함유량이 높은 모래와 점결힘이 큰 부풀음찰흙 또는 유기점결제를 써야 하며 혼합물에 불순물이 없어야 한다.

쇠물의 주입온도를 낮추며 큰 주물품에서는 쇠물문을 여러개 만들어주고 쇠물이 공급되는 부분에서 주형재료의 다짐도를 높이며 합금의 종류와 주물품의 크기에 따라 혼합물재료의 알갱이크기와 다짐압력을 정확히 보장해주어야 한다.

주름살은 주물품겉면이 매끈하지 못하고 주름진 결함으로서 이미 굳어진 금속에 쇠물이 잘 융합되지 못한 결과로 틈, 웅뎅이, 깊은 주름등이 생긴것이다.

주름살은 주물품의 구조설계의 주입체계를 잘못 선정하여 쇠물이 련속적으로 흐르지 못했거나 조형혼합물에 탄가루가 너무 많이 들어간 경우, 칠감에서 생기는 가스압이 커지는 경우에 쇠물이 고르게 흐르지 못한 결과 생긴다.

또한 쇠물의 액흐름성이 나쁘거나 쇠물의 산화가 심할 때, 주입온도가 낮을 때 생긴다.

이를 막기 위해 주물품의 자름면을 고르게 하거나 쇠물이 련속적으로 흘러들어가게 해야 한다. 또한 혼합물의 조성과 물기, 칠감의 조성을 정확히 선정하고 가스발생물질이 들어가지 않게 해야 하며 쇠물을 련속적으로 붓고 주형의 가스빠짐도와 주입온도를 높여야 한다. 이외에 걸면결함에는 눌리움, 혹 등이 있다.

또한 형태와 치수결함인 변형, 편심, 주물품의 조성과 조직, 성질이 만족되지 못하는 결함들인 화학조성의 차이, 조직결함, 기계적성질결함 등이 있다.

련습문제

1. 주물모래의 사명은 무엇인가를 말하여라.
2. 주입구체계에는 어떤것들이 속하는가를 말하여라.
3. 주철주물의 주입온도는 왜 강철주물의 주입온도보다 낮게 정하는가를 말하여라.
4. 흑연화강이란 무엇이며 어떤 성질을 가지는가.
5. 구상흑연주철의 생산방법에 대하여 말하여라.

제3절. 압연

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《압연강재의 품종과 규격을 늘이고 특히 박판과 랭간압연제품생산을 발전시키며 2차가공제품생산을 늘이는데 깊은 관심을 돌릴것입니다.》

압연강재생산을 발전시키는것은 기계공업을 비롯한 인민경제 모든 부문을 빨리 발전시키는데서 중요한 의의를 가진다.

압연강재생산은 금속공업의 마감공정이다.

이 부문에서 생산되는 대부분의 금속자재들은 압연공정을 거쳐 인민경제 여러 부문에 공급된다.

그러므로 압연강재의 품종과 규격을 늘이고 특히 박판과 랭간압연제품생산을 발전시키며 2차가공제품생산을 늘여 여러가지 품종과 규격의 압연강재들을 원만히 생산보장하는것은 경제를 빨리 발전시켜 우리나라를 강성대국으로 건설하기 위하여 나서는 중요한 요구이다.

1. 압연에 대한 개념

1) 압연의 정의

어떤 물체에 힘이 작용하면 그의 형태와 치수가 변화될수 있다.

이러한 변화를 변형이라고 한다.

변형에는 튐성변형과 소성변형이 있다.

튐성변형은 물체에 힘을 작용시키면 변형되였다가 힘을 제거하면 본래상태로 되돌아가는 변형이고 소성변형은 힘을 제거하여도 본래상태로 되돌아가지 못하고 그대로 남아있는 변형이다.

압연이란 돌아가는 압연롤사이에서 금속을 소성변형시켜 필요한 모양의 제품을 얻는 가공방법이다.

여기서 롤(압연롤)이란 압연기에서 금속을 직접 변형시키는 부분품이다.

압연롤에는 평활롤과 공형롤이 있는데 평활롤은 롤의 몸통부위가 평활한 롤이며 공형롤은 몸통부위에 공형들이 패워져있는 롤이다.

2) 압연방법의 분류와 그 특성

(1) 금속의 변형특성에 따르는 분류

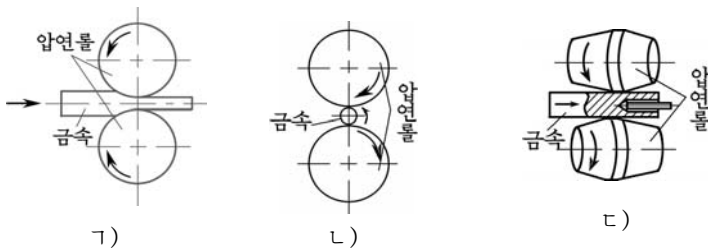



그림 2-21. 압연방법의 분류

ㄱ-세로압연, ㄴ-가로압연, ㄷ-가로-라선압연

① 세로압연(그림 2-21의 ㄱ)

세로압연이란 서로 반대방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 금속을 소성변형시키는 압연방법이다.

세로압연할 때 금속은 서로 반대방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 누름을 받으면서 압연롤의 회전방향을 따라 전진운동만 한다.

세로압연은 주로 여러가지 두께의 반제품, 형강, 판 등을 생산하는데 적용되며 압연제품생산의 대부분을 차지한다.

② 가로압연(그림 2-21의 ㄴ)

가로압연이란 서로 같은 방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 금속을 소성변형시키는 압연방법이다.

가로압연할 때 금속은 같은 방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 롤과 반대방향으로 회전운동만 하면서 반경방향으로 누름을 받아 소성변형된다.

가로압연방법으로는 치차와 계단축 같은 회전체모양의 제품을 압연한다.

③ 가로-라선압연(그림 2-21의 ㄷ)

가로-라선압연이란 롤축들이 서로 일정한 각도로 경사져있으면서 같은 방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 금속을 소성변형시키는 압연방법이다.

가로-라선압연할 때 금속은 서로 같은 방향으로 돌아가는 두 롤사이에서 롤의 회전방향과 반대로 자기축주위로 돌아가면서 두 롤의 경사각에 의하여 전진운동을 하게 된다.

가로-라선압연은 관, 베아링볼, 토시 등을 압연하는데 적용한다.

(2) 압연온도에 따르는 분류

① 열간압연

열간압연이란 금속의 재결정온도보다 높은 온도에서 하는 압연이다.

금속의 재결정온도는 순금속일 때 대략적으로 $0.4T_{녹음}$, 합금화된 금속일 때 $(0.45\sim0.55)T_{녹음}$이다.

여기서 $T_{녹음}$은 금속의 녹음온도(K)이다.

열간압연하는 목적은 금속의 변형저항을 줄이고 가소성을 높이자는데 있다. 비교적 치수가 큰 분괴, 형강들과 두꺼운 판들을 압연한다.

② 랭간압연

랭간압연이란 일반적으로 재결정온도보다 낮은 온도에서 하는 압연을 말한다.

좀더 구체적으로 보면 방안온도에서 하는 압연을 보통 랭간압연이라고 하며 방안온도보다는 높고 재결정온도보다는 낮은 온도에서 하는 압연을 온간압연이라고 한다.

랭간압연에서 금속의 변형저항은 커지고 가소성은 나빠지나 금속의 기계적성질이 개선되고 결면질이 좋아진다.

랭간압연방법은 얇은 판생산에 널리 쓰이고있다.

3) 압연기의 분류와 압연설비

압연기란 회전하는 롤사이에서 금속을 압연하는 기계를 말한다.

압연기는 그의 사명, 롤의 수, 그의 배치, 구조형식 등에 따라 여러가지로 구분된다.

(1) 사명에 따르는 압연기의 분류

누름압연기-소재의 자름면이 클 때 그것을 줄이기 위한 압연기이다.

누름압연기에는 분괴압연기, 평괴압연기, 강편압연기가 속한다.

형강압연기-원형강, 정방형강, 레루 등 일정한 모양의 자름면을 가지는 형강들을 압연하는 압연기이다.

판압연기-두께에 비하여 너비가 대단히 넓은 판들을 압연하는 압연기이다.

관압연기-열간관압연기와 랭간관압연기가 있다.

특수압연기-치차, 베아링볼, 특수한 모양의 제품을 압연하는 압연기이다.

(2) 롤의 수에 의한 압연기의 분류

압연기는 롤의 수에 의하여 2중식압연기, 3중식압연기, 4중식압연기, 6중식 및 다중식압연기로 구분된다.(그림 2-22)

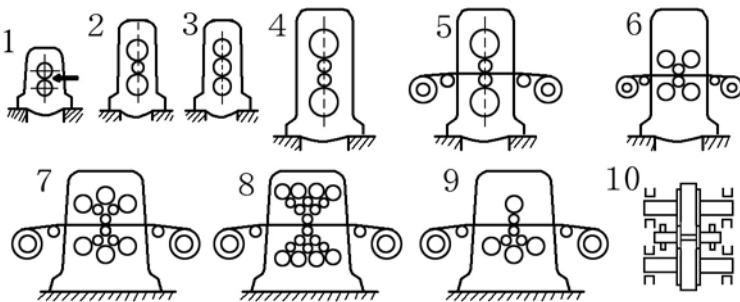



그림 2-22. 롤의 수에 의한 압연기의 분류

1-2중식, 2,3-3중식, 4-비가역4중식, 5-가역4중식, 6-6중식, 7-12중식, 8-20중식, 9-복합여러중식, 10-만능압연기

그리고 만능압연기와 특수압연기로 나눈다.

여기서 중식이란 말은 압연롤의 수를 의미한다.

례하면 6중식압연기라고 하면 압연롤의 수가 6개라는것을 의미하는데 롤의 수가 아무리 많다고 하여도 만능압연기를 제외하고는 모든 압연기에서 금속은 두 롤사이에서만 변형되며 나머지는 지지롤의 역할을 한다.

(3) 작업롤기의 배치에 의한 압연기의 분류

작업롤기의 배치에 따라서는 단식압연기, 선식압연기, 직렬식압연기, 계단식압연기, 련속식압연기, 반련속식압연기로 나눌수 있다.

작업롤기의 배치에 따르는 압연기의 분류를 그림 2-23에 주었다.

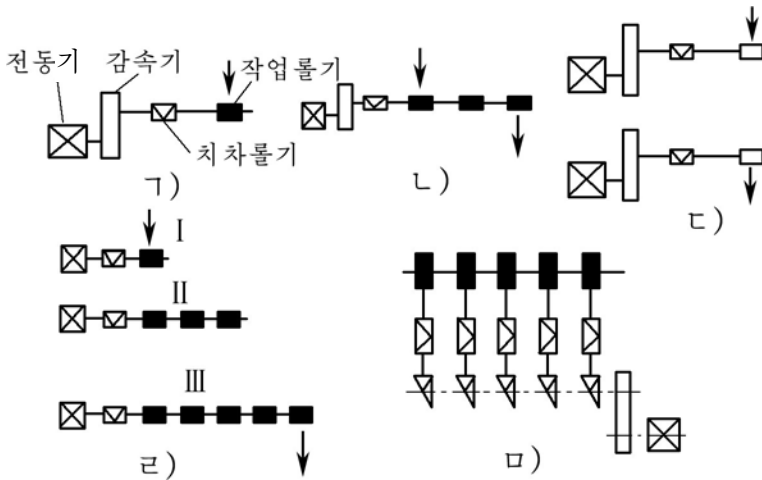



그림 2-23. 작업롤기의 배치에 따르는 압연기의 분류

ㄱ-단식압연기, ㄴ-선식압연기, ㄷ-직렬식압연기
ㄹ-계단식압연기, ㅁ-련속식압연기

그림에서 화살표는 금속이 압연되여나가는 방향을 표시한다.

(4) 압연기의 설비

① 기본설비

압연롤을 회전 및 고정시켜주는 설비와 금속을 유도해주는 설비를 압연기의 기본설비라고 한다.(그림 2-24)

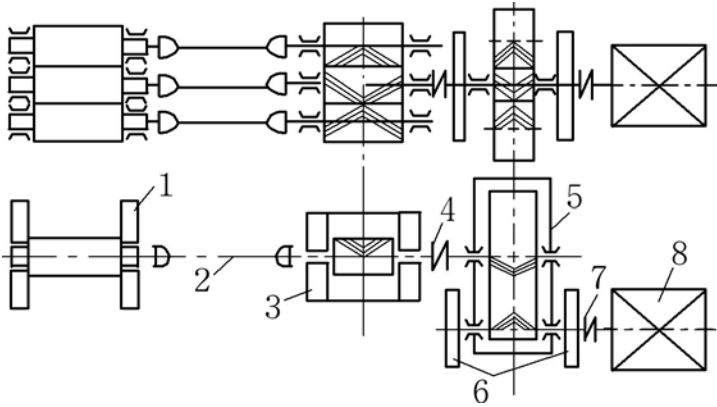



그림 2-24. 압연기기본설비의 략도

1-작업롤기, 2-련결주축, 3-치차롤기, 4,7-카프링
5-감속기, 6-관성바퀴, 8-주전동기

압연기의 기본설비에는 주전동기, 카프링, 관성바퀴, 감속기 ,치차롤기, 련결주축, 작업롤기들이 있다.

주전동기는 압연롤 및 압연기기본설비의 회전부분을 돌려준다.

카프링은 주전동기의 회전력을 압연롤에 전달하기 위하여 전동기축과 감속기 및 치차롤기를 련결해준다.

관성바퀴는 압연할 때 함께 돌면서 전동기의 능력을 제고시켜주는 역할을 한다.

감속기는 롤의 회전수에 맞게 전동기의 회전수를 감소시키며 전동기에 힘이 작게 걸리도록 한다.

치차롤기는 하나의 전동축의 회전력을 여러개(두개 및 그 이상)의 롤축에 나누어주는 역할을 한다.

련결주축은 개별적인 설비들을 련결시키며 그것에 회전력을 전달하여준다.

작업롤기는 틀, 롤, 베아링, 각종 유도장치 등으로 구성되여있다.

② 보조설비

압연설비에서 보조설비는 금속을 나르거나 압연된 금속을 완성가공하기 위하여 쓰이는 설비이다.

보조설비에는 다음과 같은것들이 있다.

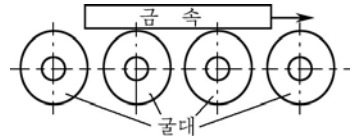
운반설비-금속을 나르는 설비인데 여기에는 세로운반설비와 가로운

반설비가 있다.

세로운반설비로는 굴대나르개(롤강)를 많이 쓰는데 굴대나르개는 돌아가는 굴대(로라)들에 의하여 금속을 길이방향으로 나른다.(그림 2-25)

회전장치-강괴를 평면우에서 90° 또는 180° 돌려주는 장치이다.

그림 2-25. 굴대나르개의 작업원리도

분괴압연기에서는 가열로에서 가열되여나오는 강괴의 굵은쪽이 압연기쪽으로 향하였을 때 180° 돌려서 가는쪽이 압연기쪽으로 향하도록 돌려준다.

전회장치-압연되여나온 금속을 요구되는 각도(보통 90°)로 돌려주는 장치이다.

전회란 압연되는 금속의 가로자름면을 일정한 각도로 돌려주는것을 말한다.

례하면 가로자름면이 직4각형인 금속을 90° 전회시키면 그림 2-26과 같이 된다.

승강장치-3중식압연기들에서 가운데롤과 아래롤사이에서 압연되여나오는 금속을 들어올려서 웃롤과 가운데롤사이에 물려주며 또한 웃롤과 가운데롤사이에서 압연되여나오는 금속을 받아내려 가운데롤과 아래롤사이에 물려주는 역할을 하는 장치이다.

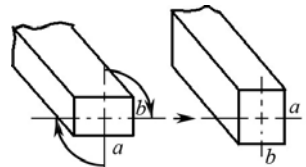



그림 2-26. 90°전회략도

안내장치-금속이 압연롤에 정확히 물리도록 안내하여주거나 일정한 방향으로 나오게 하는 장치이다.

절단기-압연된 금속을 요구되는 치수로 자르는 설비이다.

절단기의 종류에는 기계식절단기와 톱날식절단기가 있는데 기계식절단기에는 압연된 금속을 멎은 상태에서 자르는 절단기(평행식절단기, 경사식절단기, 원판식절단기)와 압연되여나오는 금속을 멈추지 않고 운동상태에서 자르는 절단기(비행식절단기)가 있다.

교정기-압연 및 랭각과정에 구부러진 금속들을 바로잡기 위하여 쓰이는 설비이다.

2. 압연기술공정

1) 형강압연공정

형강에는 단순형강과 복잡형강이 있다.

단순형강은 가로자름면의 형태가 단순한 형강인데 여기에는 원형강, 정방형강, 평강 등이 속하며 복잡형강은 가로자름면의 형태가 복잡한 형강인데 여기에는 ㄴ형강, ㄷ형강, I형강, 레루 등이 속한다.

형강은 또한 가로자름면의 치수에 따라 대형, 중형, 소형형강으로 나눈다.

형강압연공정은 소재준비, 소재가열, 압연, 자르기 및 완성공정으로 이루어진다.

형강압연소재로서는 분괴 또는 강편들을 쓰는데 일부 대형압연기들에서는 작은 강괴를 쓰는 경우도 있다.

형강압연소재는 흔히 련속식가열로에서 가열하는데 가열온도는 보통 강괴인 때보다 좀 낮게 정한다.

(1) 분괴압연기에서 압연공정

분괴란 자름면의 치수가 (150×150)~(400×400)mm(이것은 자름면의 높이×너비치수이다.)인 바른4각형(때로는 직4각형인 경우도 있다.)형태의 반제품을 말한다.

분괴는 대형형강과 강편압연을 위한 소재로 쓰인다.

압연반제품은 강괴를 압연하여 얻는 압연품의 하나인데 이것은 제품으로서가 아니라 여러가지 압연제품을 생산하기 위한 소재로 쓰인다.

반제품에는 분괴외에 평괴와 강편도 있다.

평괴는 직4각형자름면의 비(너비/높이)가 3을 넘는 반제품인데 그 자름면치수는 (50×300)~(500×1 800)mm이다.

평괴는 두꺼운 판의 압연을 위한 소재로 쓰인다.

강편은 자름면이 바른4각형인 반제품인데 그 자름면치수는 (40×40)~(150×150)mm이다.

강편은 소형분괴압연기 또는 강편압연기에서 생산하는데 형강 및 선재압연을 위한 소재로 쓰인다.

반제품(분괴, 평괴 및 강편)생산기술공정은 반제품의 종류에 따라 일정한 차이를 가지나 일반적기술공정의 순차성은 같다.

때문에 여기서는 분괴압연공정에 대하여서만 보기로 한다.

분괴압연기술공정은 소재의 준비, 가열, 압연, 자르기로 이루어진다.

① 소재와 그 준비

분괴압연을 위한 소재로는 강괴를 쓴다.

강괴는 자름면의 형태가 바른4각형, 직4각형, 8각형, 12각형, 원형 등이 있다.

이것들중에서 바른4각형과 직4각형강괴가 일반적으로 많이 쓰이고 나머지는 특수한 경우에만 쓰인다.

강괴의 겉면에는 여러가지 형태의 결함들이 있을수 있는데 그것을 그대로 압연하면 결함들이 커져 분괴의 질이 떨어지거나 오작품이 나올수 있다.

그러므로 결함의 특성에 맞게 연마석으로 갈아버리거나 가스불길로 수정하거나 깎아버리는 등 여러가지 수정방법으로 결함들을 없애야 한다.

② 소재의 가열

강괴를 가열하는 목적은 금속의 변형저항을 낮추고 가소성을 높여 압연을 쉽게 하자는데 있다.

강괴를 가열하는데서 중요한것은 가열온도와 가열속도 및 가열시간이다.

가열온도가 지나치게 높으면 금속을 이루고있는 알갱이(립자)들사이의 경계가 녹거나 산화되여 압연과정에 강괴가 터질수 있으며 반대로 가열온도가 너무 낮으면 변형저항이 크고 가소성이 낮아 압연하기가 힘들고 생산성이 떨어질수 있다.

그러므로 가열온도를 알맞게 결정하여야 하는데 가열온도는 강철의 조성에 따라 결정하되 탄소강에서는 강철의 녹음온도보다 150~200℃ 낮게 정한다.

강철속의 탄소함유량이 많을수록 가열온도는 낮아진다.

합금강인 경우에는 가소성에 미치는 온도의 영향을 고려하여 가열온도를 정한다.

강괴를 가열할 때 가열속도를 잘 택하는것이 중요하다.

일반적으로 가열속도가 크면 가열로의 생산능률이 높아지고 쇠껍질도 적게 생긴다.

그러나 가열속도가 빠르면 강괴의 겉면과 중심에서의 온도차가 커지므로 열응력에 의하여 강괴가 터질수 있다.

일반적으로 물체는 가열되면 체적이 불어나며 랭각되면 체적이 줄어든다.

그러므로 강괴는 가열할 때에도 가열속도가 빠르면 겉층은 빨리 가열되여 늘어나려 하며 반면에 중심부는 겉층에 비하여 덜 가열되였으므로 겉층이 늘어나지 못하게 저항한다.

그런데 가열속도가 빨라져서 겉층이 빨리 가열되여 늘어나려는 힘이 중심부에서 늘어나지 못하게 하려는 힘보다 커지면 그 부분에서 터짐이 생기게 된다.

반대로 가열속도가 지나치게 뜨면 가열시간이 길어져 쇠껍질이 더 많이 생겨 금속의 손실이 많아지며 가열로의 생산성이 떨어지게 된다.

그러므로 일반적으로 700~800℃이하의 낮은 온도구간에서는 터지지 않게 천천히 가열하고 그 이상부터는 강괴의 겉면온도가 가열온도에 이를 때까지 빨리 가열하며 그다음에는 겉층과 중심부의 온도가 같아질 때까지 유지하는 방법으로 가열한다.

강괴는 크기에 따라서 련속식가열로 또는 우물형가열로에서 가열한다.

③ 분괴압연공정

분괴압연기에는 3중식분괴압연기와 가역2중식분괴압연기가 있다.

650mm 3중식분괴압연기에서의 분괴압연공정을 보면 다음과 같다.(그림 2-27)

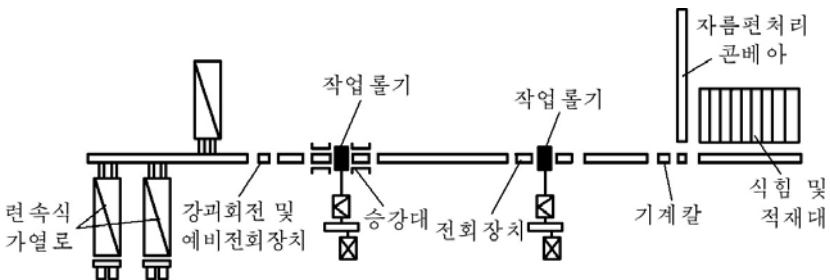



그림 2-27. 650mm3중식분괴압연기의 배치도

여기서 650mm라는것은 작업롤의 직경이다.

3중식분괴압연기이므로 롤의 수가 3개이다.

650mm 3중식분괴압연기에서는 1.5t, 1.3t, 800kg 강괴로부터

130mm×130mm, 160mm×160mm의 강편으로 압연한다.

식은 상태의 강괴를 련속식가열로에서 압연온도까지 가열하여 강괴회전장치에 보내면 거기에서 강괴의 꼬리부분(가는쪽)이 작업롤기쪽으로 향하도록 돌려서 작업롤기에 보낸다.

작업롤기에서는 강괴를 9~11번 통과시켜 200mm×180mm(가로자름면치수)로 압연하는데 아래롤과 가운데롤, 웃롤과 가운데롤사이에서 엇바꾸어가면서 압연한다.

이때 전회장치가 있는 승강대가 웃롤과 가운데롤사이에서 압연된 금속을 받아서 아래롤과 가운데롤사이에 물려주고 아래롤과 가운데롤사이에서 압연된 금속은 들어올려 다시 웃롤과 가운데롤사이에 물려주는 역할을 한다.

필요에 따라 몇번 통과시킨 다음에는 금속을 전회시킨다.

첫 작업롤기(650mm분괴압연롤기)에서 압연이 끝나면 수압식기계칼에서 앞뒤끌을 자른 다음 다음의 작업롤기(강편압연롤기)에서 5번통과시켜 130mm×130mm 강편으로 압연한다.

다음 평행식절단기에서 요구되는 길이로 잘라 강편적재장에 보낸다.

750mm 가역2중식압연기에서의 압연공정을 보면 다음과 같다.(그림 2-28)

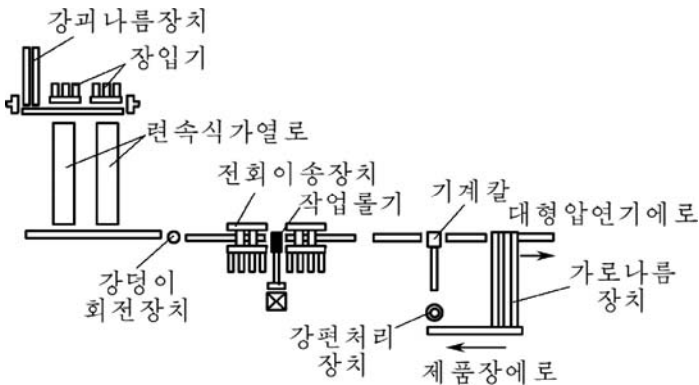



그림 2-28. 750mm 가역2중식분괴압연기의 배치도

750mm분괴압연기에서는 1.5t 강괴로부터 ф100mm, ф130mm 강편을 압연한다.

여기서 작업롤의 직경은 750mm이며 가역이란 압연롤의 회전방향을 매번 바꾸어주면서 왼쪽, 오른쪽으로 왔다갔다하면서 압연한다는 뜻이다.

이 압연기에서는 식은 상태의 강괴를 쓰는데 련속식가열로에서 강괴를 압연온도까지 가열한 다음 강괴회전장치에서 전회시키면서 압연한다.

압연이 끝나면 평행식절단기에서 앞뒤끝을 자른 다음 요구되는 규격길이로 잘라서 직접 대형압연기에 보내여 형강압연소재로 쓰든가 또는 가로운반장치에 의하여 제품장으로 보낸다.

(2) 대형압연기에서의 압연공정

대형압연기는 롤직경이 550~850mm인 2중식 또는 3중식롤기들로 이루어져있다.

750mm 대형압연기의 배치도를 그림 2-29에 주었다.

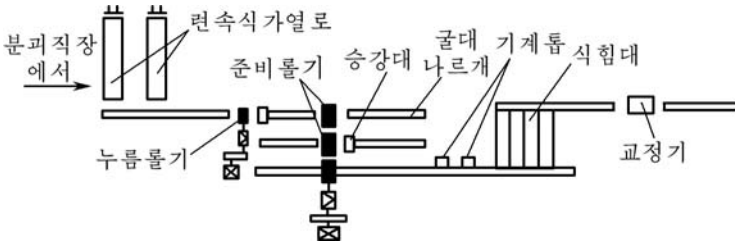



그림 2-29. 750mm 대형압연기의 배치도

여기서는 분괴 또는 작은 강괴를 소재로 쓰는데 소재는 련속식가열로에서 압연온도까지 가열하여 누름롤기에 보낸다.

여기서 몇번 통과시켜 소재의 가로자름면을 줄여서 준비롤기에 보낸다. 준비롤기들에는 압연품의 가로자름면형태에 따라 완성롤기에서 주어진 형강을 압연하는데 적합한 형태를 보장하여줄수 있는 공형들을 배치한다.

준비롤기에서 압연된 금속을 완성롤기에서 압연하는데 완성롤기에서는 한번만 압연한다.

압연된 형강을 굴대나르개로 기계톱에 보내여 일정한 규격길이로 자른 다음 랭각대에서 식혀가지고 교정기에서 바로잡아 제품으로 완성한다.

이 압연기에서는 직경이 80~150mm인 원형강, 변의 치수가

80~150mm인 4각강, ㄴ형강 №10~24(여기서 10~24는 ㄴ형강의 한변의 길이가 100~240mm임을 의미한다.), ㄷ형강 또는 I형강 №12~16(여기서 12~16은 ㄷ형강 또는 I형강의 벽의 높이가 120~160mm임을 의미한다.)을 압연한다.

그리고 철길용레루 37kg/m, 43kg/m, 50kg/m(레루의 길이 1m당 질량을 표시한다.) 등을 압연한다.

(3) 중형압연기에서의 압연공정

중형압연기는 여러가지 형강제품들중 중간규격의 제품들을 압연하는 압연기인데 롤의 직경이 350~550mm인 2중식 또는 3중식롤기로 이루어져있다.

중형압연기는 일반적으로 대형압연기보다 롤기수가 많으며 여러가지 형태로 배치한다. 압연기의 배치도를 그림 2-30에 주었다.

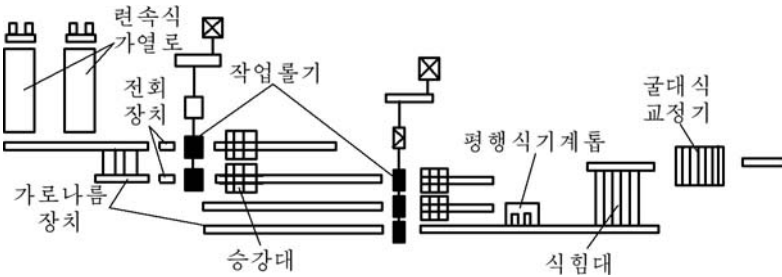



그림 2-30. 520mm 중형압연기의 배치도

중형압연기에는 배치형태에 따라 계단식압연기, 여러줄식압연기, Z형압연기, 반련속식압연기 등이 있는데 여기서는 520mm 중형압연기에서의 압연공정에 대하여 보기로 한다.

이 압연기의 누름선(그림에서 첫번째 선에 있는 두개의 롤기)에는 520mm 3중식롤기 두대가 있고 마감에 520mm 2중식롤기가 한대 배치되여있다.

소재로는 분괴 또는130mm×130mm, 160mm×160mm 강편을 쓰는데 소재는 련속식가열로에서 압연온도까지 가열한다.

가열된 소재를 전회장치에서 잘 가열된 면이 우에 오도록 전회시켜 누름선에서 압연한 다음 완성선에 보내여 압연한다.

압연된 형강을 기계톱에서 규격길이로 자른 다음 랭각대에서 식히

고 교정기에서 바로잡아 제품으로 완성한다.

이 압연기에서는 직경이 38~80mm인 원형강, 변의 치수가 50~85mm인 4각강, 띠형강(두께 6.5~12mm, 너비 105~150mm), ㄴ형강 №6.5~10(여기서 6.5~10은 ㄴ형강의 한 변의 길이가 65~100mm임을 의미한다.), ㄷ형강 또는 I형강 №10(여기서 10은 ㄷ형강 또는 I형강의 벽의 높이가 100mm임을 의미한다.)을 압연한다.

그리고 철길용레루 8~24kg/m(레루의 길이 1m당 질량) 등을 압연한다.

(4) 소형압연기에서의 압연공정

소형압연기는 롤의 직경이 250~350mm인 3중식 또는 2중식롤기를 쓴다.

세개의 압연선에 계단식으로 롤기를 배치한 350mm 소형압연기배치도를 그림 2-31에 주었다.

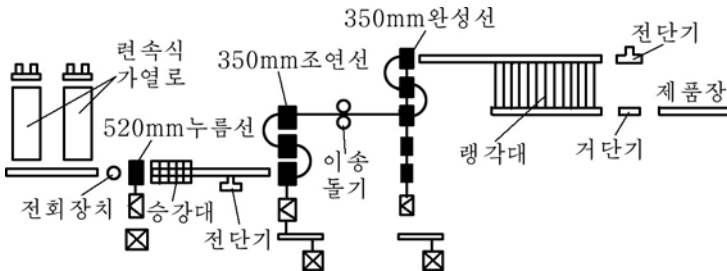



그림 2-31. 350mm 소형압연기의 배치도

소형압연기에서는 치수가 작은 제품을 압연하기때문에 소재의 치수가 크면 그만큼 통과회수가 많아지고 롤기수도 많아진다.

전문적인 소형압연직장들에서는 계단식배치의 압연기를 많이 쓴다.

이 압연기에서는 Φ130mm강편을 소재로 쓰는데 소재는 련속식가열로에서 가열한다.

압연기의 제1선에는 520mm 3중식누름롤기가 한대 설치되여있는데 여기서 7~9회 통과시켜 Φ52mm 혹은 Φ40mm 강편을 압연한다.

제1선과 제2선사이에는 금속의 앞끝을 자르거나 몇토막으로 자르는 중간절단기가 있다.

제2선인 조연선에는 350mm 3중식롤기 3대가 선식으로 배치되여있다.

제3선인 완성선에도 350mm 3중식롤기 5대가 선식으로 배치되여 있는데 마지막 완성롤기는 2중식이다.

소형압연기에서는 규격이 작은 제품들을 생산한다. 소형압연기에서는 주로 단순형강제품을 많이 생산하는데 직경이 8~36mm인 원형강, 변의 치수가 12~50mm인 바른4각형강, 륙각강, 띠형강 등을 생산한다.

이밖에 복잡형강제품으로서 ㄴ형강 №2.5~4.5(여기서 2.5~4.5는 ㄴ형강의 한 변의 길이가 25~45mm임을 의미한다.), 레루 등을 압연한다.

직경이 Φ6~9mm인 원형강(선재)은 퉁구리로 감아서 공급한다.

(5) 선재압연기에서의 압연공정

열간압연하여 퉁구리로 감은 직경이 5~9mm인 원형제품을 선재라고 한다.

선재는 기계제작과 건설에 그대로 쓰기도 하지만 쇠줄을 뽑는 소재로 많이 쓴다. 쇠줄은 쇠바줄, 용접봉, 못 등을 만드는 소재로 그리고 기타 전화줄, 철근용 및 포장용으로 많이 쓰인다.

선재는 전문적인 선재압연기에서 생산할수 있으며 소형압연기에서 생산할수도 있다. 선재압연기로는 흔히 롤의 직경이 250~280mm인 롤기를 쓰는데 배치형태에 따라 선식 혹은 계단식압연기, 반련속식압연기, 련속식압연기가 있다.

280mm 계단식선재압연기의 배치도는 그림 2-32와 같다.

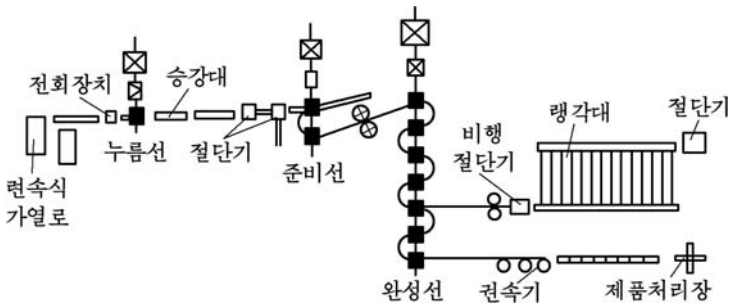



그림 2-32. 280mm 선재압연기의 배치도

이 압연기에서는 Φ8mm 선재만을 전문적으로 생산하는데 소재로서는 130mm×130mm, 120mm×120mm의 강편을 쓴다.

소재는 련속식가열로에서 압연온도까지 가열하여 제1선인 누름선

의 첫 롤기로 보낸다.

압연기의 누름선에는 520mm 비가역3중식롤기와 비가역2중식롤기가 배치되여있는데 첫 롤기에서 7회 통과시켜 Φ38mm를 얻은 다음 둘째 롤기에로 보낸다.

제2선인 조연선에는 350mm 3중식롤기 3대가 선식으로 배치되여있는데 3회통과로 마감롤기에서 9mm×23.8mm인 타원형소재를 얻는다.

제3선인 완성선에는 280mm 3중식롤기 7대가 선식으로 배치되여있는데 조연선에서 온 타원형소재를 7회 통과시켜 Φ8mm 선재를 얻는다.

선재압연기에서는 오직 한가지 규격의 제품만을 생산하는데 제품에 따라 다른 강종을 압연하기때문에 이때에는 해당 기술규정을 만족시켜야 한다.

(6) 유색금속 및 그 합금의 형제품압연공정

압연된 유색금속형제품들은 주로 인발가공에 의한 금속선 즉 동선, 알루미니움선 등 각종 유색금속선의 소재로 되며 적지 않은 유색금속형제품은 각종 기계의 중요한 부속품으로 가공된다.

각종 유색금속 및 합금들은 각이한 가소성과 가열에서의 특성을 가지고있다. 그러므로 같은 압연기에서 이 모든것을 압연하자면 가열행정과 압연행정이 복잡해진다.

동 및 그 합금을 압연하기 위한 조연압연기로서는 3중식 450mm를 사용하며 완성압연기로서는 280mm를 사용한다.

제품의 형태는 비교적 단순한 형태를 가지며 주로 원형, 바른4각형 및 구형 등이다.

동 및 그 합금은 직경이 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20mm로 생산된다.

유색금속 및 합금의 열간압연을 성과적으로 보장하기 위해서는 그 금속이 요구하는 특성에 의하여 일정한 가열조건을 지켜야 한다.

알루미니움 및 그의 합금은 열간가공온도구간이 좁은것이 특징적이며 가열온도와 압연마감온도는 350~480℃이며 보다 높거나 낮은 온도에서는 압연할 때 터짐이 발생한다.

동-아연합금(황동)의 압연마감온도는 650℃이상 되여야 하며 이 온도이하에서는 합금의 가소성이 심히 떨어진다.

2) 판압연공정

판압연이란 돌아가는 롤사이에로 금속을 지나보내여 요구하는 판제

품을 만들기 위한 작업을 말한다.

금속은 돌아가는 롤사이의 짬으로 지나가면서 그의 높이는 줄어들고 길이와 너비는 늘어난다. 압연된 판제품의 모양과 크기는 롤의 모양과 짬의 크기로 정한다. 강판은 열간 또는 랭간압연한다.

(1) 판의 열간압연

판의 열간압연은 열간두꺼운판압연공정과 열간얇은판압연공정으로 구분된다.

① 열간두꺼운판압연공정

두꺼운 판은 두께가 4~100mm, 너비는 600~4 500mm, 길이는 2~12m이다.

특수한 경우에는 판의 너비가 5 000mm이상인것도 생산한다.

두꺼운 판을 압연하기 위해서는 평강괴 또는 평괴의 치수와 제품의 치수 및 생산능률에 따라 각이한 형태의 압연기를 쓴다.

두꺼운 판압연기로서는 가역2중식롤기, 가운데롤의 직경이 작은 3중식롤기, 가역4중식롤기, 만능롤기 등을 쓸수 있으며 롤기들은 단식배치, 직렬식배치, 련속식배치의 형태로 배치한다.

여기서는 3중식두꺼운판압연기에서의 압연공정을 보기로 한다.

가운데롤직경이 작은 3중식두꺼운판압연기의 배치도는 그림 2-33과 같다.

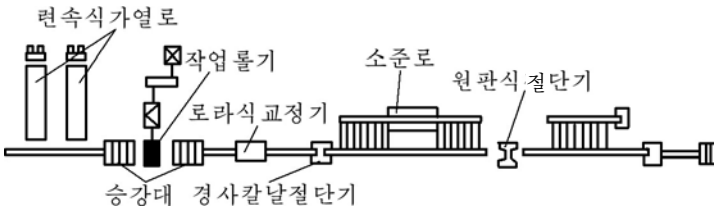



그림 2-33. 3중식두꺼운판압연기의 배치도

단식으로 배치된 3중식두꺼운판압연기에서는 평강괴를 소재로 쓰는데 평강괴는 련속식가열로에서 가열한다.

압연기의 작업선에 3중식롤기가 한대 설치되여있는데 아래웃롤의 직경은 865mm, 가운데롤의 직경은 510mm, 롤몸통부의 길이는 2 795mm이다. 롤의 회전수는 75회/min이다.

압연기가 3중식이므로 아래롤과 가운데롤사이, 가운데롤과 웃롤사이에서 압연하는데 작업롤기의 앞뒤면에 있는 승강대로 압연작업을 보장한다.

압연기에서는 두께를 균일하게 하기 위하여 2~4회 세로방향(강괴의 길이방향)으로 압연하고 필요한 너비를 얻을 때까지 평면각(강괴의 길이방향과 롤의 중심선사이에 일정한 각을 이루도록 하는것)으로 압연한다.

필요한 너비를 얻으면 요구되는 두께를 얻을 때까지 세로방향으로 압연한다.

작업롤기의 뒤에는 로라교정기가 있으며 교정기에는 웃로라가 5개, 아래로라가 4개 있으며 아래로라들만이 전동기에 의해서 전동되고 웃로라들은 마찰에 의해서 돌아간다.

압연이 끝난 판은 열간상태에서 로라교정기로 보내여 교정한다.

심히 구부러진 판은 단번에 통과시키지 말고 조금씩 순차적으로 통과시켜 교정하여야 한다.

교정기뒤에는 경사칼날절단기가 배치되여있는데 앞끝을 자르고 가로자르기에 의하여 판을 몇개의 부분으로 자른다.

② 열간얇은판압연공정

얇은판의 치수는 생산방법에 따라 나눌수 있는데 2중식압연기에서 열간압연하는 얇은판의 두께는 0.2~4mm, 너비는 보통 500~900mm이다.

열간압연으로 너비가 최대 1 830mm에 달하는 얇은판도 생산한다.

열간얇은판은 선식으로 배치된 비가역2중식압연기, 가역4중식압연기, 반련속식 및 련속식압연기에서 압연한다.

선식으로 배치된 2중식압연기는 2~6개 롤기로 구성되는데 아래롤만 전동기에 의해서 전동되고 웃롤은 마찰에 의하여 전동되므로 치차롤기를 쓰지 않는다.

2중식얇은판압연기의 롤직경은 550~800mm, 롤의 회전수는 30~40회/min이다. 이러한 압연기에서는 롤이 한쪽으로만 회전하기때문에 한방향으로만 압연할수 있다.

2중식얇은판압연기의 선식배치도를 그림 2-34에 주었다.

그림 2-34. 2중식얇은판압연기의 선식배치도

선식으로 배치된 2중식얇은판압연기에서는 두께가 0.4~4mm인 얇은판을 열간압연할수 있다.

조연롤기의 앞에는 얇은판소재를 가열하기 위한 련속식가열로가 1~2기 설치되여있으며 앞에는 소재판을 다

시 가열하기 위한 실형로가 설치되여있다.

롤기의 뒤에는 접는 기계가 있으며 옆에는 절단기와 교정기가 배치되여있다. 선식으로 배치된 2중식얇은판압연기에서 압연할 때에는 얇은 판소재와 판의 치수에 따라 서로 다른 압연양식과 가열회수를 적용한다.

보통 두께가 2mm이상인 판은 한장씩 압연한다.

두께가 2mm이하인 얇은판은 2~8장씩 겹쳐서 압연한다.

얇은판을 압연할 때 통과수는 얇은 판소재의 두께 및 가열에 관계되는데 한개의 얇은판소재를 보통 6~10회 통과시킨다.

(2) 판의 랭간압연

랭간압연에 의해서는 두께가 0.002mm(더 얇은것도 얻을수 있다.)로부터 1.5~2.0mm까지인 판 및 띠를 얻을수 있다.

지금 많이 생산하고있는 랭간압연제품은 두께가 0.7~2.0mm까지인 구조용탄소강판, 0.3~1.0mm인 지붕용강판 또는 건설용재료, 0.18~0.25mm인 석도금용강판, 0.4~2.0mm인 불수강판, 0.3mm보다 두꺼운 방향성규소강판 등이다. 랭간압연하기 위한 출발소재로서는 열간압연한 판이나 퉁구리띠철을 쓴다.

판 및 띠의 랭간압연은 비가역2중식압연기, 가역4중식압연기 혹은 6중식, 12중식, 20중식 등 다중식압연기들에서 한다.(그림 2-35)

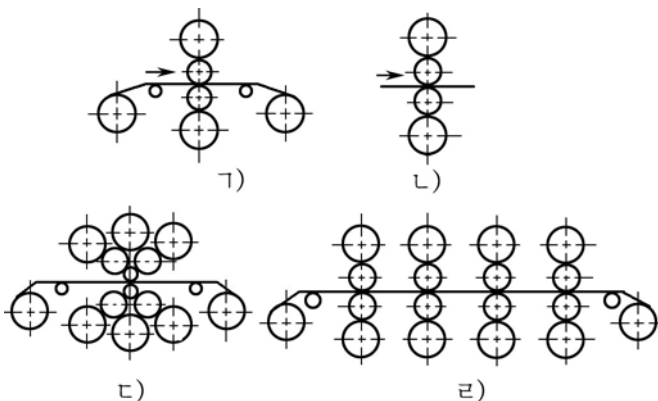



그림 2-35. 랭간판압연기의 략도

ㄱ-가역4중식랭간압연기, ㄴ-4중식비가역랭간판압연기,
ㄷ-12중식압연기, ㄹ-련속식랭간판압연기

랭간압연에서는 단식으로 배치된 가역4중식압연기를 널리 쓰고있다.

련속식랭간판압연기에서는 4중식롤기들을 압연되는 판의 치수와 품종 그리고 생산량에 따라 3, 4, 5, 6개의 각이한 수로 배치한다.

이 압연기에서는 두께가 2~3.5mm인 열간압연판을 소재로 하여 두께가 0.15~1.5mm인 랭간판을 압연한다.

권려기(퉁구리판소재를 풀어주는 장치)에서 풀려나오는 소재는 중심잡이굴대를 거쳐 교정롤에서 교정하여 안내굴대를 거쳐 작업롤기에 물려진다.

작업롤기는 4중식인데 련속식으로 배치되여있다.

소재는 이 작업롤기들을 련속적으로 통과하면서 필요한 두께로 압연된다.

압연된 판은 권판기에서 퉁구리로 감는다.

압연할 때 중요한것은 작업롤기들사이에서의 당김힘을 잘 보장해주는것인데 그를 위하여 당김힘조절기가 설치되여있다.

랭간압연할 때 강판과 롤이 닿는 면에서 생기는 마찰을 줄이며 압연압력을 낮추고 압연되는 강판의 겉면질을 높이기 위하여 기름을 쓴다.

랭간압연한 판은 목적에 따라서 열처리, 조질압연, 자르기 등의 완성작업을 거치게 된다.

마감열처리는 주로 소둔을 한다. 또한 랭간압연판은 필요에 따라 조질압연(연마압연)을 하는데 조질압연이란 판겉면의 질을 높이고 파형과 주름을 없애기 위하여 하는 압연방법이다.

조질압연은 2중식 또는 4중식압연기에서 개별판 또는 퉁구리로 한다.

참고자료

초소성가공기술

일반적으로 금속재료들은 결정립자크기를 10㎛아래로 매우 미세하게 만들어주면 일정한 온도에서 힘을 받을 때 쉽게 늘어나는데 이것을 초소성현상이라고 한다.

초소성가공기술은 이러한 금속의 초소성현상을 리용하여 성형할 제품을 적은 에네르기로 단번에 만들어내는 압착가공기술의 한 형태이다.

초소성가공기술은 품이 많이 드는 각종 형타, 로케트와 비행기부분품, 가스타빈날개, 전자기구와 의료기구 등을 만드는데 널리 적용되고있다.

(3) 유색금속판 및 띠의 압연

유색금속 및 그 합금으로는 여러가지 규격의 판 및 띠를 생산하는데 보통 두께가 0.3~0.5mm, 너비는 500~3 000mm, 길이는 1 410~6 000mm이다.

유색금속띠는 금속의 성질과 용도에 따라 각이한 두께와 너비로 생산하는데 최대두께는 2mm정도이다.

동합금띠의 최대두께는 2mm이고 알루미니움띠의 최대두께는 1.2mm이다. 최소두께는 0.1mm이다.

판 및 띠를 생산하기 위하여 열간압연 혹은 랭간압연한다. 원소재로서는 자름면이 직4각형인 주괴를 쓰는데 주괴는 그의 두께가 25~35mm이며 질량은 40~50kg범위에 있다.

① 동 및 그 합금판의 압연

동판은 두께가 0.4~25mm, 동띠는 두께가 0.05~2mm, 너비는 600mm까지로 압연된다.

치수가 0.5mm×710mm×1 410mm인 동판의 생산공정은 다음과 같다.

120mm×720mm×900mm의 동주괴를 련속식가열로에서 820~860℃로 가열하고 청소기에서 청소한다.

3중식압연기에서 5mm×750mm×2 400mm로 열간압연한 후 2중식압연기에서 1.2mm×750mm×2 590mm로 랭간압연한다.

그리고 2중식압연기에서 다섯겹으로 랭간압연한 후 로라교정기에서 교정한다.

② 알루미니움 및 그 합금의 압연

알루미니움판 1mm×1 000mm×2 000mm의 압연공정은 다음과 같다.

3중식압연기에서 5mm×860mm×9 750mm로 열간압연한 후 2중식압연기에서 1mm×1 030mm×2 150mm로 랭간압연한다.

제품치수로 절단한 후 전기로에서 300~320℃로 소둔한다.

3) 관압연공정

관은 생산방법에 따라 이음줄 없는 관과 있는 관으로 나눈다.

(1) 이음줄 없는 관의 압연

이음줄 없는 관은 열간 및 랭간압연, 인발 및 압출방법으로 생산한다.

이가운데서 제일 널리 쓰이는 방법이 열간관압연방법이다.

관의 열간압연공정은 일반적으로 구멍뚫기압연(천공압연), 소재관의 연신압연, 완성압연 및 교정으로 이루어진다.

관압연설비에는 여러가지가 있는데 제일 널리 쓰이는것이 자동식관압연설비이다.

자동식관압연설비에서의 관의 열간압연공정은 다음과 같다.(그림 2-36)

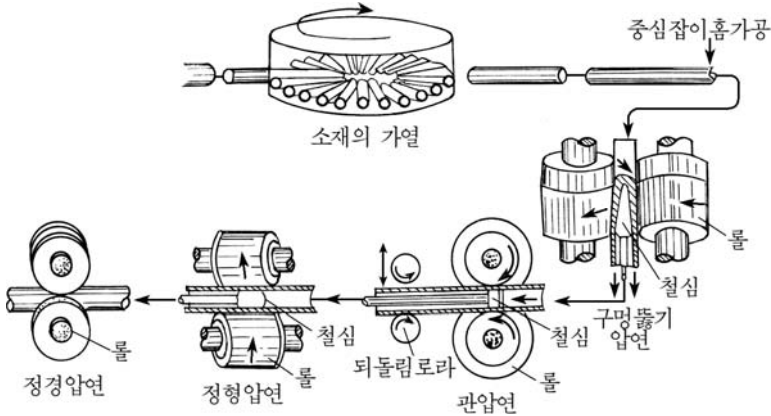



그림 2-36. 자동식관압연설비에서의 관압연공정

그림에서 보는바와 같이 회전식가열로에서 소재(소재로는 원형강편을 쓴다.)를 압연온도까지 가열하여 중심홈가공장치에서 중심홈을 쳐서 구멍뚫기압연기에 보낸다.

구멍뚫기압연기는 2중식가로-라선압연기이다. 여기서 소재는 나사를 돌릴 때와 같은 운동 즉 회전전진운동을 하면서 누름을 받아 중심부에 구멍이 형성되는데 이때 철심을 대주면 구멍이 뚫린 관형태로 된다.

이것을 소재관이라고 한다.

소재관을 자동식압연기(이 압연기는 비가역 2중식세로압연기이다.)에서 2번 통과시켜 관으로 압연하는데 한번 통과시킨 소재는 되돌림굴대에 의하여 되돌려보낸다.

이때 압연기의 웃롤은 우로 올라간다.

자동식압연기에서 압연된 관을 완성압연 즉 정형압연과 정경압연한다.

정형압연은 관의 내경을 일정하게 하며 벽두께를 고르롭게 하기 위하여 하는데 압연기는 2중식가로-라선압연기이다.

정경압연은 관의 길이에 따라 외경을 일정하게 하기 위하여 하는데

압연기는 3~7개의 2중식롤기로 이루어진다.

완성압연을 한 다음에는 관을 랭각대에서 식히고 교정기에서 바로잡은 다음 끝부분을 가공하여 제품으로 완성한다.

직경이 작고 두께가 얇은 관과 정확한 치수와 복잡한 형태를 가진 관들은 열간압연의 방법으로는 생산할수 없다.

따라서 이와 같은 관들은 랭간인발 또는 랭간압연에 의하여 생산할수 있는데 이와 같은 방법에 의하여 관외경 0.3~200mm, 두께는 최소 0.1mm까지, 길이 6~15m까지의 질좋은 관을 생산할수 있다.

관의 랭간인발은 관의 직경과 벽두께를 줄이며 관표면의 질을 개선하기 위하여 적용된다.

랭간인발에 의하여 직경 0.2~220mm까지, 두께 0.5~6mm까지의 관을 생산하고있다.

랭간압연된 관은 랭간인발된 관에 비하여 경제적으로 퍽 유리할뿐아니라 랭간인발된 관표면에 비하여 결함이 적다.(긁힘현상이 전혀 없다.)

또한 랭간압연된 관은 벽두께가 비교적 균일하다.

랭간인발할수 없는 가소성이 작은 고합금강관을 랭간압연에 의하여 생산한다.

(2) 이음줄있는 관의 생산

이음줄있는 관에는 단접관과 용접관이 있다.

단접관은 가열된 띠형태의 소재를 단접관생산설비에서 원형으로 말면서 힘을 주어 맞붙여 생산하는데 이음줄은 직선이다.

단접관은 금속의 모서리를 맞붙이는 방법과 덧붙이는 방법으로 생산하는데 덧붙인 단접관은 질이 낮고 금속의 소비가 크기때문에 사용범위가 제한되여있다.

단접관생산에서 가장 널리 적용되는것은 맞붙이기방법이다.

이 방법으로 직경이 10~114mm, 두께 2~5mm, 길이 4~8m 되는 단접관을 생산한다.

맞붙인 단접관은 주로 수도관, 난방용관 및 압력이 높지 않은 가스관 및 송유관 등에 사용한다. 이밖에 자전거, 자동차 및 기계구조물제작용으로 널리 리용한다.

용접관은 가열하지 않은 띠형태의 소재를 조형압연기에서 말고 이

음줄을 용접하여 생산한다.

전기용접으로는 직경이 6~630mm, 두께는 0.5~20mm의 관을 생산할수 있다.

용접되는 속도는 8~32m/min범위에 있다.

용접관에는 이음줄이 직선인것과 라선인것이 있는데 라선용접관의 생산공정략도를 그림 2-37에 주었다.

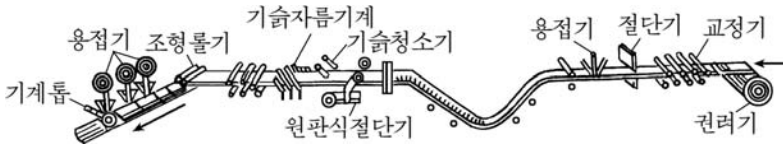



그림 2-37. 라선용접관의 생산공정략도

그림에서 보는바와 같이 권려기에서 풀려나오는 소재를 교정기에서 바로잡은 다음 기계칼에서 앞끝을 정확히 자르고 먼저 나간 소재의 뒤끝에 용접기로 용접하여 이어놓는다.

다음 원판식기계칼에서 띠소재의 두쪽 모서리를 자르고 기슭청소기에서 청소한 다음 조형롤기에서 라선형으로 만든다.

자동용접기로 이음부를 용접한 다음 기계톱에서 필요한 길이로 자른다.

4) 인발

(1) 인발의 정의

인발이란 소재의 자름면보다 작은 구멍이 있는 공구(이것을 다이스라고 한다.)를 통하여 소재를 잡아당겨서 요구되는 형태와 치수를 가지는 제품을 만들어내는 가공방법이다.(그림 2-38)

인발방법으로는 직경이 작은 줄(직경이 6 mm이하)들과 직경이 작고 벽두께가 얇은 관(직경이 0.5mm이하까지)들을 생산할수 있다.

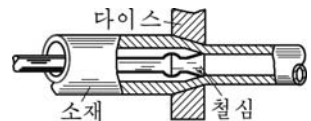



그림 2-38. 관의 인발략도

(2) 인발공정

인발공정은 소재의 준비, 인발 및 중간열처리, 인발제품의 완성처리 등으로 이루어진다.

인발소재는 겉면이 깨끗하고 쇠껍질, 터짐, 긁힌 자리, 주름 등의

결함이 없어야 한다.

때문에 소재의 산씻기, 겉면처리 및 열처리를 한다.

산씻기는 보통 8~15%(때로는 25%까지)의 류산용액으로 하는데 산씻기한 다음에는 물로 씻거나 석회수용액에서 산을 중화시킨 다음 말린다.

쇠줄을 중간열처리없이 련속인발할 때에는 산씻기를 한 다음 동도금, 린산염피복 등의 보충적인 겉면처리를 한다.

소재의 변형저항을 낮추고 가소성을 높이기 위하여 열처리를 한다.

인발할 때 소재와 다이스사이에서 생기는 마찰을 줄이고 쇠줄겉면의 질을 높이며 다이스의 수명을 늘이기 위하여 미끄럼감을 쓰는데 미끄럼감으로는 광물성 및 식물성기름, 가루비누 등을 쓴다.

인발기에는 사슬식인발기와 원통식인발기가 있는데 원통식인발기는 단독식인발기, 미끄러짐이 있는 련속식인발기, 미끄러짐이 없는 련속식인발기로 나눈다.

인발은 제품에 따라서 하나의 다이스를 통하여 하는 경우와 여러개의 다이스를 련속적으로 통과시켜 인발하는 경우가 있다.

여기서 중요한것은 인발과정에 소재가 끊어지지 않고 정상인발이 진행되도록 인발속도와 누름량을 주는것이다.

참고자료

새로운 건설용고강도철근

새로운 건설용고강도철근은 미량합금철근이다.

탄소가 0.15~0.25%인 저탄소망간강에 V, Ti, Nb와 같은 합금원소를 넣고 열간압연하여 만든 철근이다.

고강도철근을 쓰면 철근소비를 줄이면서도 건축구조물의 안전성을 높일수 있으므로 경제적이다.

일반탄소강에 비하여 세기가 20%이상 높아 이것으로 지은 구조물은 훨씬 안전하다.

보통철근은 세기가 400MPa이하이지만 고강도철근은 400~600MPa이다.

최근 랭간가공기술과 열처리기술을 결합시켜 세기가 4 000MPa정도인 초고강도철근을 개발하였다.

련습문제

1. 압연롤의 수명은 얼마나 되는가를 말하여라.
2. 압연기에 관성바퀴를 설치하는 목적은 무엇인가를 말하여라.
3. 탄소강과 합금강압연의 차이점은 무엇인가를 말하여라.
4. 강철을 가열할 때 어떤 결함이 생길수 있는가를 말하여라.
5. 인발이란 무엇이며 인발공정은 어떤 과정을 거치는가를 말하여라.

제4절. 단 조

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《기계공업부문에서는 형단조화, 프레스화를 널리 받아들이도록 하여야 합니다.》

기계공업부문이나 금속공업부문에서 프레스화와 형단조화를 실현하면 좋은 점이 많다.

기계제품생산을 프레스화와 형단조화하면 강재를 절약할수 있고 가공생산을 단축할수 있으며 제품의 질을 높일수 있다.

경애하는 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**원수님의 현명한 령도에 의하여 지난 기간 우리 나라에서는 3천t프레스, 6천t프레스, 1만t프레스를 비롯한 크고작은 프레스설비들과 형단조설비들을 우리의 힘과 기술, 자재로 훌륭히 만들어냄으로써 프레스화와 형단조화를 실현할수 있는 충분한 조건과 풍부한 경험이 마련되였다.

우리는 이미 마련된 성과에 토대하여 프레스화와 형단조화를 실현할데 대한 당의 정책을 철저히 관철하여야 한다.

1. 단조의 정의와 분류

단조란 망치의 때림힘 또는 프레스의 압력으로 금속소재를 소성변형시켜 요구되는 형태와 치수의 제품을 얻는 압착가공방법이다.

단조는 크게 자유단조와 형단조로 나눈다.

자유단조는 가열된 소재를 모루(가열된 소재를 올려놓고 두드릴 때 받침으로 쓰는 쇠덩이)우에 올려놓고 망치로 때리거나 프레스로 눌러 요구되는 형태와 치수로 만드는 단조방법이다.

형단조는 제품의 형태와 같은 홈이 패워져있는 형타에 금속을 놓고 망치로 때리거나 프레스로 눌러 요구되는 형태와 치수로 만드는 단조방

법이다.

형단조는 열간형단조와 랭간형단조로 나눈다.

열간형단조는 열간압연과 마찬가지로 재결정온도보다 높은 온도에서 하는 형단조이고 랭간형단조는 재결정온도보다 낮은 온도에서 하는 형단조이다.

단조에서 쓰는 설비에는 망치와 프레스 그밖에 특수한 단조설비들이 있다.

2. 망치의 작용원리

단조에서 쓰는 망치라는것은 우리가 못을 박을 때 손에 잡고 쓰는 그런 망치를 의미하는것이 아니라 어떤 물체를 일정한 높이까지 들어올렸다가 떨굴 때 그 물체의 락하운동에네르기를 리용하여 금속을 때려서 소성변형시키는 기계를 의미한다.

이 락하운동에네르기만을 리용하는 망치를 단동식망치라고 한다.

망치의 때림힘을 크게 하기 위하여 망치피스톤의 웃면에 높은 압력의 증기나 공기를 작용시키는데 이런 망치를 복동식망치라고 한다.

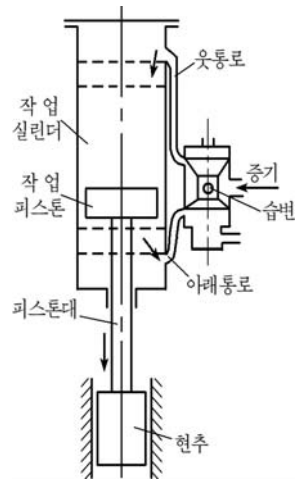
망치의 작업체로 보이라나 압축기에서 생산한 증기(또는 공기)를 쓰는것을 증기공기식망치, 망치실린더자체내에서 압축공기를 만들어 작업체로 쓰는것을 압축공기식망치라고 한다.

1) 증기공기식망치의 작용원리

증기공기식망치의 작용원리를 그림 2-39에 주었다.

그림 2-39. 증기공기식망치의 작용원리도

그림에서 작업피스톤, 피스톤대 그리고 현추(금속을 때리는 망치머리부를 고정시키는 부분품)를 락하부라고 한다.

금속을 때리기 위하여 락하부를 들어올릴 때에는 증기(또는 공기)를 아래통로로 들여보내며 락하부를 내릴 때에는 증기(또는 공기)를 웃통로를 통하여 작업피스톤의 웃부분(작업실린더의 웃공간)에 들여보냄으로써 단조작업을 실현한다. 여기서 습변은 움직이면서 아래웃통로를 열어주거나 닫아주는 작용

을 한다.

2) 압축공기식망치의 작용원리

압축공기식망치의 작용원리도를 그림 2-40에 주었다.

압축공기식망치의 작용원리는 증기공기식망치와 비슷하다.

압축피스톤이 움직이면서 압축공기를 아래통로를 통하여 작업피스톤의 아래부분으로 들여보내면 락하부(작업피스톤, 현추, 웃망치머리부)가 우로 올라간다.

반대로 압축공기를 웃통로를 통하여 작업피스톤의 웃부분으로 들여보내면 락하부가 내려오면서 아래망치머리부에 놓인 금속을 때려 단조작업을 실현한다.

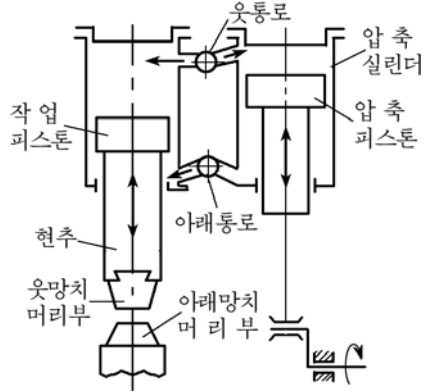



그림 2-40. 압축공기식망치의 작용원리도

3. 자유단조

1) 자유단조용소재와 그 준비

자유단조용소재는 강괴나 압연강재를 쓰는데 큰 단조품을 단조할 때에는 강괴를 쓴다.

압연강재로는 분괴, 강편, 원형강, 바른4각형강 등을 쓴다.

단조하기 전에 강괴나 압연강재에 있는 결함들을 수정하여야 한다.

자유단조에서는 소재를 재결정온도보다 높은 온도로 가열하여 단조하는데 일반적으로 강철은 1 150~1 300℃로 가열한다.

몇가지 강종의 최대단조가열온도와 단조마감온도를 표 2-2에 제시하였다.

강종의 최대단조가열온도와 단조마감온도 표 2-2

강 종	최대가열온도/℃	마감온도/℃
강1~강6, 10~45, 15Cr~35Cr	1 280~1 300	700~750
강7, 50, 55, 40Cr~50Cr	1 240~1 260	750~800
55Cr, 55Si, 60Si, Cr13	1 220~1 240	800~850
9CrSi, 고속9~고속18, 9Cr8	1 150~1 180	800~850

열간압연의 소재가열에서와 마찬가지로 자유단조소재가열에서도 가열온도와 가열속도를 정확히 선정하여야 한다.

대체로 540℃까지는 천천히 가열하며 그 이상에서는 단조온도까지 빨리 가열하며 단조온도에 이르면 그 온도에서 일정한 시간 유지하는 방법으로 가열한다.

2) 자유단조기본조작

자유단조품도 다른 가공방법과 마찬가지로 단조품도면을 작성하고 소재계산을 한 다음 그에 근거하여 여러가지 자유단조조작을 실현하여 만든다.

자유단조기본조작에는 펴기, 늘이기, 구멍뚫기, 자르기, 구부리기, 비틀기 등이 있다.

(1) 펴기

펴기란 소재의 높이를 줄여서 그의 자름면적을 넓히는 자유단조조작이다.

펴기의 략도를 그림 2-41에 주었다.

여기서 소재의 전체 높이에 준하여 하는 펴기를 완전펴기라고 하며 소재의 일부분에 대하여 하는 펴기를 부분적펴기라고 한다.

펴기조작은 소재의 높이보다 가로자름면의 치수가 큰 단조품을 얻기 위하여 하며 또한 구멍이 뚫린 단조품을 만들기 위한 예비조작으로 한다.

그림 2-41. 펴기의 략도

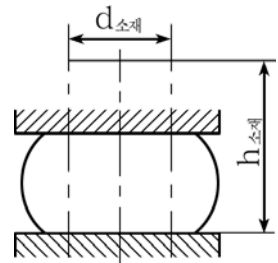
펴기조작에서는 소재의 직경 d와 높이 h사이에 다음과 같은 조건이 보장되여야 한다.

$$1.25d_{소재} \leq h_{소재} \leq 2.5d_{소재}$$

만일 $1.25d_{소재} \leq h_{소재}$가 만족되지 않으면 소재를 준비할 때 절단기에서 소재를 자르기가 힘들다.

또한 $h_{소재} \leq 2.5d_{소재}$가 만족되지 않으면 펴기조작할 때 소재가 세로방향(높이방향)에서 구부러질수 있다.

(2) 늘이기

늘이기란 소재의 자름면을 줄여서 길이를 늘이는 자유단조조작이다.

늘이기의 략도를 그림 2-42에 주었다.

그림에서 l_0(망치머리부와 소재가 접촉하는 길이)을 먹임량 또는 보내기량이라고 한다.

늘이기조작할 때에는 소재를 먹임량만큼 한번 먹여 한번(혹은 2~4번)때린 다음 전회한다.

전회방법에는 두가지가 있는데 90°씩 반복전회하는 방법과 라선방향으로 련속 전회하는 방법이 있다.

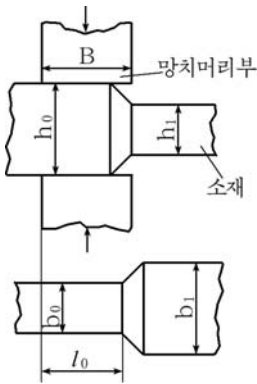



그림 2-42. 늘이기의 략도

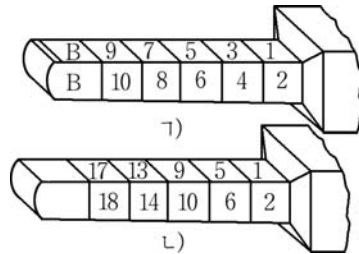



그림 2-43. 소재의 전회방법

ㄱ-90°씩 반복전회하는 방법,
ㄴ-라선방향으로 련속 전회하는 방법

소재의 전회방법을 그림 2-43에 주었다.

여기서 전회라는 말은 압연에서의 전회와 같다.

그림에서 수자는 전회순서번호이다.

길이가 긴 소재를 늘이기조작할 때에는 구부러지는 현상을 막기 위하여 소재의 가운데부분으로부터 시작하여 앞으로 당기면서 늘인다.

짧은 소재는 끝으로부터 시작하여 내밀면서 늘인다.

늘이기조작에서는 다음과 같은 조건이 보장되여야 한다.

망치머리부의 너비 B와 먹임량 l_0사이에는 $l_0=(0.4\sim0.75)B$가 보장되여야 한다.

이것보다 l_0이 커지면 망치머리부와 소재사이의 마찰이 커져 소재가 잘 늘어나지 못하며 이것보다 작으면 변형되는 부분이 먼저 늘이기된 면에 덧씌울수 있다.

(3) 구멍뚫기

구멍뚫기란 소재에 관통되였거나 관통되지 않은 구멍을 뚫는 자유단조조작이다.

구멍뚫기략도를 그림 2-44에 주었다.

구멍뚫기에는 열림식구멍뚫기와 닫김식구멍뚫기가 있다.

열림식구멍뚫기는 소재를 모루우에 올려놓고 구멍뚫개로 때려박거나 눌러박아 구멍을 뚫는 방법이다.

따라서 구멍을 뚫을 때 원소재의 높이 h_0은 작아지며 외경 D는 고르롭지 않게 커진다.

그림 2-44. 구멍뚫기략도

ㄱ-열림식구멍뚫기, ㄴ-닫김식구멍

닫김식구멍뚫기는 소재를 받침형이라고 하는 그릇안에 설치하고 구멍뚫개로 때려박거나 눌러박아 구멍을 뚫는 방법이다.

따라서 원소재의 직경 D는 변하지 않고 높이 h_0은 커진다.

열림식구멍뚫기에서는 소재의 직경 D와 구멍뚫개의 직경 d의 비 D/d가 작을수록 형태가 심하게 외곡되는데 D/d＜2인 경우에는 형태가 너무도 세게 외곡되기때문에 열림식구멍뚫기를 할수 없게 된다.

(4) 기타 자유단조조작

자르기는 소재로부터 요구되는 치수로 앞부분을 떼여내는 조작이다.

자르기는 큰 소재를 하나 혹은 몇개의 작은 소재로 자르거나 단조품의 끝부분에서 남는 부분을 자를 때에 한다.

구부리기는 소재에 구부러진 형태를 주기 위한 자유단조조작이다.

비틀기는 소재의 한 부분을 다른 부분에 대하여 일정한 각도로 축을 중심으로 돌리는 자유단조조작이다.

4. 열간형단조

1) 열간형단조에 대한 개념

열간형단조는 단조온도까지 가열된 소재를 망치나 프레스에서 형

타에 패워진 홈공간에 충만시켜 홈의 형태와 같은 단조품을 얻는 단조방법이다.

형타는 얻으려는 단조품의 형태와 같은 홈이 패워져있는 단조구멍인데 웃형타와 아래형타로 이루어져있다. 즉 웃형타와 아래형타에 패워진 홈들이 합쳐져서 단조품의 형태를 이루게 된다.

웃형타는 망치의 현추(혹은 프레스의 습동판)에 설치하고 아래형타는 망치의 모루(혹은 프레스의 테블)에 설치한다.

열간형단조략도를 그림 2-45에 주었다.

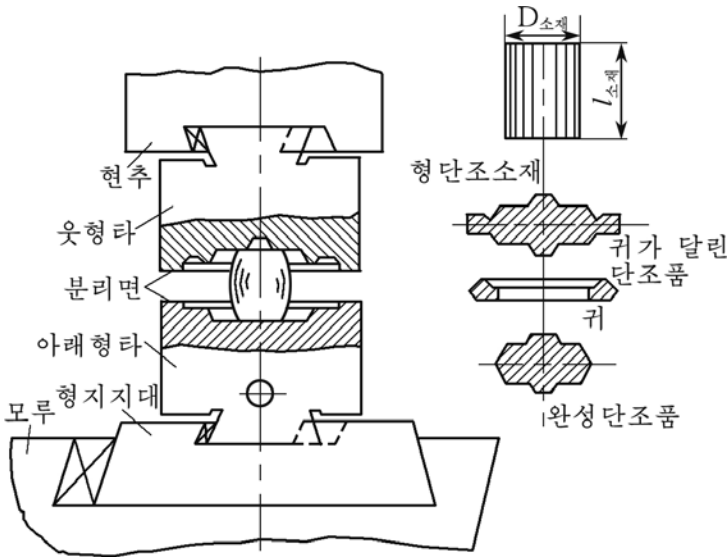



그림 2-45. 열간형단조략도

열간형단조에서는 형타홈공간의 체적보다 소재의 체적을 약간 크게 한다.

왜냐하면 홈공간의 체적과 소재의 체적을 리상적으로 같게 보장할수 없으므로 소재의 체적이 홈공간의 체적보다 작으면 금속이 홈공간에 다 차지하지 못하여 오작으로 되기때문이다.

반대로 소재의 체적이 더 큰 경우에도 단조품은 높이가 높아지므로 오작으로 된다.

따라서 형단조할 때 형타홈공간을 채우고 남은 금속이 흘러나오는

공간을 형타홈의 둘레에 파주는데 이것을 귀홈이라고 하며 귀홈에로 흘러나온 금속을 귀라고 한다.

귀홈은 웃형타와 아래형타가 갈라지는 면(가름면)에 파준다.

이 귀는 형타의 홈공간에 금속이 잘 충만되도록 하는데 도움을 준다.

귀는 형단조후에 귀따기형타에서 떼여버린다.

복잡한 형태의 단조품을 하나의 형타홈공간에서 한번 때리거나 눌러서 만들기는 힘들다.

그러므로 여러개의 홈을 써서 점차적인 방법으로 단조품으로 완성하는 방법을 쓰는데 이것을 여러홈식형단조라고 한다. 여기서 제일 마감에 리용되는 단조품의 형태와 같은 홈을 완성홈이라고 한다.

완성홈 하나만을 써서 형단조하는 경우에는 소재를 자유단조방법으로 단조품과 비슷한 형태로 만든 다음 완성홈에서 단조하는데 이것을 한홈식형단조라고 한다.

참고자료

충격파형단조

충격파는 동압의 한 형태로서 작용시간은 10^{-4}~10^{-5}s이며 압력은 10^{8}~10^{9}Pa에 이른다.

충격파형단조는 충격파의 원천에 따라 폭발물질을 쓰는 형단조, 전기-수압식형단조, 전자기식형단조, 물-충격형단조로 나눈다.

폭발물질을 쓰는 형단조는 폭발물질이 내는 폭발힘에 의해 금속을 단조하는 방법이다.

폭발형단조에 쓰는 폭발물질로는 폭약, 가연성가스 및 액화가스를 쓴다.

전기-수압형단조는 액체매질속에서 전호의 형태를 띠는 방전효과를 써서 물층을 압축하여 생기는 물의 충격파가 금속을 소성변형시키는 단조이다. 전자기식형단조는 충격전자기파를 써서 금속의 소성변형을 실현하는 방법이다.

물-충격형단조는 닫긴 함안의 액체를 가속화하는 망치머리부가 충격할 때 생기는 물충격파로 금속을 단조하는데 있다.

충격파형단조는 능력이 큰 프레스를 쓰지 않고도 특대형제품을 쉽게 만들어낼수 있으며 변형하기 힘든 초고강도금속도 쉽게 단조할수 있는 우점이 있으나 작업준비와 보조시간이 긴 부족점이 있다.

2) 열간형단조방법

열간형단조방법은 이미 작성된 기술공정설계자료에 기초하여 수행되는데 열간형단조기술공정설계에는 다음과 같은 내용들이 포함된다.

즉 형단조품도면작성, 형단조용소재계산, 형단조이행선택, 형타설계, 설비선택, 가열 및 랭각양식선정 등의 내용이 포함된다.

형단조품도면은 완성품도면(부분품의 기계제작도면)에 기초하여 작성하는데 형단조품도면작성에는 다음과 같은 내용들이 포함된다.

-가름면을 선택한다.

가름면이란 아래웃형타가 갈라지는 면이다.

-가공덧살과 공차를 선택한다.

가공덧살이란 단조한 다음 기계가공을 위하여 덧붙여주는 금속층이다.

형단조과정에는 이러저러한 원인으로 하여 단조품에 치수편차가 생길수 있는데 허용될수 있는 최대치수와 최소치수의 차를 공차라고 한다.

-형단조경사를 선정한다.

형단조한 다음 단조품을 형타홈에서 쉽게 뽑아내기 위하여 홈의 벽에 일정한 경사를 지어주는데 이것을 형단조경사라고 한다.

-모죽임반경을 선정한다.

형타의 홈에 예리한 모서리가 있으면 금속이 잘 충만되지 않고 인차 터질수 있으므로 일정하게 모를 죽여주는데 이것을 모죽임반경이라고 한다.

-중간판의 형태와 두께를 결정한다.

구멍이 있는 단조품을 형단조할 때 아래웃형타에 있는 구멍뚫기돌출부가 직접 마주치게 하면 돌출부들이 쉽게 파괴될수 있으므로 직접 마주치지 않도록 일정한 금속층을 남기는데 이것을 중간판이라고 한다.

중간판은 형단조한 다음에 따버린다.

앞에서 얻은 자료들을 종합하여 형단조품도면을 그린다.

형단조용소재계산에서는 소재의 형태와 치수, 질량을 계산하는데 소재의 질량은 단조품의 질량과 귀의 질량을 더한것과 같으며 여기에 가열할 때 쇠껍질로 소비되는 질량을 더 고려해주어야 한다.

형단조이행선택에서는 주어진 단조품을 어떤 형타홈들을 어떤 순서로 써서 형단조하겠는가를 결정한다.

형타설계에서는 우선 완성홈을 설계하는데 완성홈의 치수는 단조품의 열간치수와 같다.(열간치수란 가열된 상태에서의 치수이다.)

왜냐하면 단조한 다음 식으면서 치수가 줄어들기때문이다.

다음 예비홈과 소재홈들을 설계하는데 예비홈은 완성홈과 비슷하나 귀홈이 없는 홈이다.

소재홈은 원소재의 형태와 치수를 단조품에 해당하게 변화시켜주는 홈이다. 홈들이 설계되면 형타에 홈들을 배치한다.

설비선택에서는 주어진 단조품들을 형단조하는데 필요한 힘을 계산한데 기초하여 주어진 단조품을 형단조하는데 가장 합리적인 설비를 선택한다.

가열 및 랭각양식설정에서 가열 및 랭각온도와 속도를 정확히 선정하여야 한다.

이와 같이 작성된 기술공정설계자료에 기초하여 소재를 가열하고 형단조조작을 수행하며 다음에 단조품을 완성하기 위한 조작 즉 귀 및 중간판따기, 열처리, 형단조품의 바로잡기조작을 거쳐 단조품을 완성한다.

3) 압출

압출이란 압출통안에 넣은 금속을 그 압출통밑에 있는 받침형(다이스)구멍을 통하여 누름형으로 밀어냄으로써 요구되는 가로자름면의 모양을 가진 제품을 만들어내는 가공방법이다. 그림 2-46에 각이한 압출략도를 주었다.

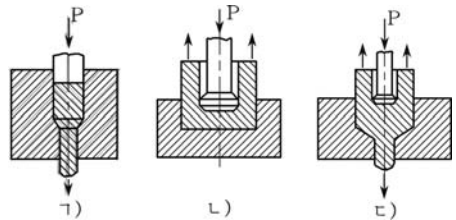
압출을 원리적으로 보면 국수를 누르는 과정과 같다. 다른것은 가공하는 재료가 다를뿐이다.

압출하는 방법에는 정압출, 반대압출, 혼합압출방법이 있다.

그림 2-46. 압출략도

ㄱ-정압출, ㄴ-반대압출, ㄷ-혼합압출

정압출은 누름형의 운동방향과 가공되여나오는 금속의 흐름방향이 같은 압출이고 반대압출은 누름형의 운동방향과 금속의 흐름방향이 반대인 압출이다. 그리고 혼합압출은 정압출과 반대압출이 혼합된 형태의 압출이다.

압출방법으로는 봉재, 관, 선을 비롯한 여러가지 자름면형태의 제

품들을 생산할수 있다. 특히 압출방법으로는 가소성이 매우 나쁜 금속뿐아니라 가루상태의 금속도 가공할수 있다.

또한 제품의 치수정밀도와 겉면정결도가 대단히 높다.

압출은 주로 수평프레스나 전문적인 압출프레스에서 진행한다.

5. 랭간형단조

랭간형단조는 재결정화온도이하의 온도에서 소재를 가열하지 않고 하는 형단조로써 주로 판소재를 써서 한다고 하여 판형단조라고도 한다.

랭간형단조의 기본조작에는 따내기, 구부리기 및 조형조작들이 있다.

1) 따내기

따내기는 형타에 의하여 금속판에서 요구되는 여러가지 형태의 륜곽을 따내는 랭간형단조조작이다.

그림 2-47에 따내기략도를 주었다.

그림 2-47. 따내기

그림에서 보는바와 같이 금속판에서 떨어져나오는 부분을 제품으로 쓰는 경우에는 따내기가 되며 구멍뚫린 부분을 제품으로 쓰는 경우에는 구멍뚫기가 된다.

따내기조작으로는 자리쇠, 전동기 혹은 변압기용철심과 같은 제품들을 얻는다.

따내기에서 중요한것은 받침형타와 누름형타사이의 틈을 잘 선정하는것이다. 그래야 따낸 제품에 거스러미가 없는 깨끗한 면을 얻을수 있다.

2) 구부리기

구부리기는 형타의 모양에 따라 금속판을 구부리는 랭간형단조조작이다.

그림 2-48에 구부리기략도를 보여주었다.

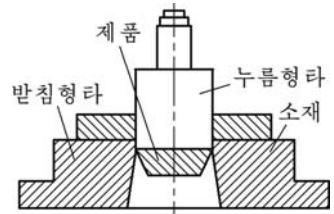
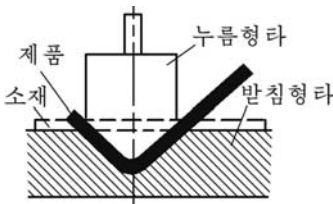



그림 2-48. 구부리기략도

그림 2-49. 구부릴 때의 퇴성반발

구부리기에서는 소재를 형타우에 놓고 누름형타로 눌러서 구부리는데 구부렸다가 놓으면 튐성변형이 해소되면서 형타의 구부림각보다 각이 커지게 되는데 이것을 튐성반발이라고 한다.

그림 2-49에 구부릴 때의 튐성반발을 주었다.

구부리기형타는 튐성반발을 고려하여 설계하여야 한다.

구부리기에서는 또한 구부림반경이 지나치게 작으면 소재의 바깥층에 터짐이 생기며 구부림반경이 지나치게 크면 튐성반발로 하여 제품을 구부릴수 없다는것을 고려해야 한다.

3) 늘이기

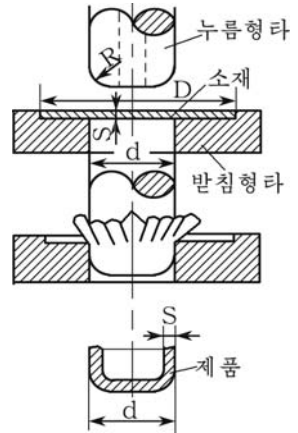
랭간형단조늘이기는 금속판을 형타로 눌러서 속이 빈 그릇모양의 제품을 만드는 조작이다.

그림 2-50에 늘이기략도를 주었다.

그림에서 보는바와 같이 금속판소재를 받침형타우에 놓고 누름형타로 누르는데 이때 소재는 누름형타와 함께 받침형타의 공간으로 끌려들어가면서 속이 빈 그릇모양의 제품으로 된다.

그림 2-50. 늘이기

늘이기방법으로는 원추형 및 함형제품들을 비롯하여 자동차의 차체와 로케트의 동체같은 제품도 만들수 있다.

늘이기의 방법에는 소재의 두께를 줄이면서 하는 늘이기와 두께를 줄이지 않고 하는 늘이기가 있다. 직경이 작고 깊이가 깊은 제품은 한번 눌러서 늘이기가 힘들므로 여러번 눌러서 늘이기조작을 한다. 늘이기에서 중요한것은 제품에 주름이 생기지 않고 제품의 모서리가 터지지 않게 형타를 설계하고 늘이기를 몇번 하겠는가를 잘 타산하는것이다.

4) 조형조작

조형조작은 소재의 일부분을 변형시켜 보다 복잡한 형태의 제품을 만드는 조작인데 여기에는 부각조형, 테두리좁히기와 넓히기, 부풀음조형, 테두리구부리기 등이 있다.

부각조형은 소재의 일부분만을 눌러서 그 겉면을 도드라지게 만드

는 조작이다. 이 방법으로 제품의 겉면에 글자, 수자, 그림을 새길수 있으며 판의 억세기를 높여줄수 있다.

부풀음조형은 예비적으로 늘이기한 원통 또는 관의 국부적인 부분의 직경을 늘구는 조작이다.

테두리좁히기는 예비적으로 늘이기한 원통 또는 관의 국부적인 직경을 줄이는 조작이다.

테두리넓히기는 테두리좁히기와 반대되는 조작이다.

테두리구부리기는 예비적으로 따내기한 소재 혹은 구멍뚫기한 소재의 안 또는 바깥테두리를 구부리는 조작이다.

랭간형단조에는 폭발물질이 폭발할 때 내는 폭발에네르기를 리용하여 금속판을 변형시키는 폭발형단조 등 여러가지 방법들이 있다.

참고자료

초음파형단조

초음파(20㎑이상의 음파)를 랭간형단조기술공정에 받아들이면 에네르기를 적게 소비하면서 제품의 질과 치수정밀도를 높일수 있다.

초음파는 누름형이나 받침형에 공급할수 있으며 때로는 누름형과 받침형에 다 줄수 있다.

초음파자르기는 보통자르기에 비하여 힘이 적게 들고 자름면의 질과 치수가 정밀하게 단조된다. 초음파따내기는 보통따내기형타에서 따낼 때보다 마찰곁수를 15~30%나 낮춘다.

초음파구부리기에서도 힘이 작아지고 제품의 반발이 훨씬 작아지므로 형태정밀도가 높아진다. 재료에 따라 다르지만 구부리기힘이 40~50%나 작아진다.

초음파형단조는 금속이나 비금속재료도 소성변형시킬수 있으며 특히 취성재료인 주철판도 형단조할수 있는 우점이 있으나 장비의 구조가 복잡한 부족점이 있다.

련습문제

1. 단조란 무엇이며 단조에는 어떤 단조가 있는가를 말하여라.
2. 수압프레스의 작업원리를 설명하여라.
3. 펴기할 때 소재의 구부림을 막기 위해서는 소재의 높이와 직경사이의 관계를 얼마로 규정해주어야 하는가를 말하여라.
4. 강3과 강철45를 자유단조하기 위한 최대가열온도와 단조마감온도는

얼마인가를 말하여라.

5. 열간형단조의 본질과 열간형단조기술공정을 선정하려면 어떤 항목을 고려하여야 하는가를 말하여라.

6. 랭간형단조란 무엇이며 이 조작에는 무엇이 속하는가를 말하여라.

제5절. 용접

용접방법을 받아들이면 제품을 가볍고 성능이 좋게 그리고 든든하고 믿음성있게 만들수 있다.

또한 주조방법이나 단조방법으로 만들기 어려운 복잡하고 큰 제품들을 단순한 요소들로 전환시켜 그것들을 서로 잘 결합시킴으로써 생산공정을 간단하게 하면서도 질적으로 만들수 있다.

그러므로 용접혁명을 힘있게 벌려 기계제품생산에서 용접구조물의 비중을 늘여야 한다.

1. 용접에 대한 일반적개념

1) 용접의 본질

용접하는데 리용되는 전호는 지금으로부터 200여년전인 1802년에 발견되였다.

한 학자는 대형축전지를 연구하는 과정에 두 극이 접촉될 때 강력한 열과 빛을 내는 전호가 생기는데 이 열로 금속을 녹여 붙일수도 있고 자를수도 있다는것을 알았다.

전기를 조명용으로만이 아니라 공업에 리용하게 됨에 따라 1881년에 용접을 공업화하는데 성공하게 되였다.

그때에는 지금처럼 용접봉으로 용접을 하지 못하고 탄소전극에 의한 탄소전호용접을 실현하였다.

1892년에 카바이드가 발견됨으로써 가스용접의 전망이 열리여 용접의 비중은 급격히 높아졌다. 그러나 이러한 용접방법들은 녹은 쇠물을 공기의 침입으로부터 보호하지 못하는 등 여러가지 원인으로 용접이음부의 질이 높지 못한것으로 하여 우여곡절이 있었다.

처음에 용접으로 무은 배가 항행도중에 허리가 부러지는 사고가 발생하였으며 용접으로 만든 긴 다리가 끊어지는 사고가 발생하였다.

이러한 부족점은 1910년에 피복전호용접봉이 나오게 됨으로써 극복되게 되였으며 용접은 새로운 한개의 공업분야를 차지하고 더 급속히 발전하게 되였다.

그러면 용접이란 무엇인가?

용접이란 두 금속소재의 련결부를 이러저러한 에네르기 즉 전기에네르기, 빛에네르기, 운동에네르기, 화학적에네르기 등으로 녹여붙이거나 소성온도까지 가열하고 압력을 주어 뗄수 없게 련결하는 방법을 말한다.

특수하게 랭간용접처럼 두 소재의 련결부에 열을 주지 않고 압력만 주어 원자들사이의 결합힘에 의하여 련결하는 방법도 있고 풀접착과 같이 화학적접착원리에 의하여 두 소재의 련결부를 결합하는 방법도 있으나 대부분은 열을 주어 련결하는 방법이다.

2) 용접방법의 분류

금속의 용접은 일반적으로 용접에 쓰이는 에네르기원천에 따라 전기용접, 가스용접, 특수용접으로 나눈다.(그림 2-51)

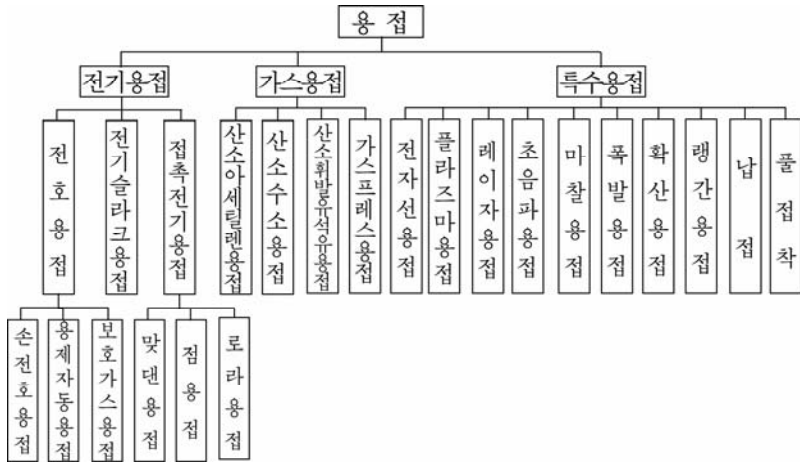



그림 2-51. 용접의 분류

또한 용접방법에 따라 녹임용접과 압력용접의 두 부류로 나눈다.

녹임용접에는 전호용접, 전기슬라크용접, 플라즈마용접, 진공속에서의 전자선용접, 테르미트용접 및 가스용접 등이 속한다.

압력용접에는 접촉용접, 가스프레스용접, 초음파용접, 마찰용접, 랭간용접, 고주파용접이 속한다.

전호용접(손전호용접, 반자동전호용접, 자동전호용접)은 보다 널리 일반화되였는데 금속을 달구고 녹이기 위하여 전호열을 리용하는것이 특징이다.

전기슬라크용접은 전류가 녹은 슬라크층을 거쳐 흐를 때 생기는 전기저항열로써 소재와 첨가금속(속줄)을 녹이는 방법으로 진행된다.

플라즈마용접은 기본적으로 30 000℃까지의 온도를 가지는 플라즈마의 흐름으로 소재와 공급되는 금속을 녹이는 방법이다.

가스용접은 가스와 산소화염열로 소재와 보탬금속을 달구고 녹이는 방법이다.

접촉용접은 용접되는 두 부분품의 접촉면으로 전류가 통과할 때 접촉저항에 의하여 생기는 열로써 금속을 녹인 다음 누름(압력)을 주는것이다.

초음파용접은 전기적진동을 변환하여 얻은 높은 주파수의 기계적진동을 용접부위에 작용시켜 높은 온도를 발생시킴으로써 용접할수 있는 가소성상태까지 금속을 가열하는 방법이다.

마찰용접은 용접할 두 금속의 겉면이 서로 마찰될 때 생기는 열로써 금속의 이음이 이루어지는데 마지막에 누름을 적용한다.

랭간용접은 몇가지 금속의 특성을 리용하여 소성변형이 일어나는 높은 압력에서 견고한 이음을 얻는것이다.

고주파용접은 용접되는 부분품을 고주파전류로 가소성상태까지 달구고 압력을 주어 용접하는 방법이다.

3) 용접전호

용접전호는 전자들과 이온들이 집중되여있으면서 강한 빛과 높은 온도를 가진 기체속에서의 전기적방전이다.

따라서 용접전호는 도체와 같이 전류를 잘 통과시키는데 그 전류가 용접전류이다.

전자들과 이온들로만 이루어진 기체공간을 플라즈마라고 한다.

용접전호는 플라즈마라고 하지 않는다. 그것은 전자들과 이온들이 집중되여있을뿐이지 전호공간전부가 전자나 이온으로 되여있지 않기때문이다.

용접전호가 일어나자면 음극으로부터 전자들이 튀여나와야 하고 튀여난 전자들은 양극으로 이동해가야 한다.

즉 열전자방출조건과 마당전자방출조건이 보장되여야 하며 또 전자들이 이동하면서 전호공간의 가스들을 이온화시켜야 한다.

이러한 세가지 조건을 만족시켜야만 전호가 발생하고 유지되게 된다.

현상적으로 보면 용접봉을 소재에 댔다가 뗄 때 전호가 일어나게 되는데 용접봉을 소재에 대는 과정은 음극에서부터 전자들이 튀여나가게 하는 과정이다.(그림 2-52)

그림 2-52. 용접봉걸면과 소재걸면이 접촉되는 략도와 전호가 유지되는 략도
1-용접봉, 2-접촉점, 3-소재, 4-전원, 5-전호

금속걸면은 얼핏 보기에는 매끈한것 같지만 확대경이나 현미경으로 보면 굴곡이 대단히 심하다는것을 알수 있다.

만일 소재와 용접봉사이에 전압을 걸고 서로 접촉시키면 접촉걸면들이 완전히 평면이 아니고 미세한 높낮이로 되여있으므로 처음에 개별적돌출부들만이 서로 맞닿게 된다.

따라서 용접봉심선의 자름면만 한 넓은 곳으로 흐르던 전류는 접촉점들로만 흐르게 되므로 전류밀도가 대단히 커져서 여기에서 많은 량의 열이 생긴다.

높은 열이 발생되면 금속안의 자유전자들은 열운동이 심해져서 결국은 금속밖으로 계속 튀여나오게 되고 용접봉과 소재사이에 보통 25~35V의 전압강하가 생긴다.

이 전압강하는 전자들을 양극으로 이동하게 한다.

전자들은 양극으로 단순히 이동하는것이 아니라 이동하면서 전호공간에 있는 가스립자들과 충돌하여 이온으로 되는데 +이온은 -극에로, -이온은 +극에로의 흐름이 일어나게 된다.

결국 전호는 도체의 역할을 하기때문에 전호의 연소가 보장되게 한다.

전호전압이 25~35V 되게 유지하자면 전호의 길이를 보통 2~3mm 보장해야 한다.

따라서 전호를 일으켜 용접봉이 다 탈 때까지 전호길이는 2~3mm로 보장하고 전호를 용접되는 방향으로 이동시키는 속도가 일정하면 고르로운 용접이음줄을 얻는다.

전호의 온도를 보면 음극쪽에서의 온도는 약 2 400℃, 양극쪽에서의 온도는 2 600℃정도이고 전호기둥중심에서의 온도는 6 000℃까지 이른다.

직류용접에서 소재가 +이고 용접봉이 -일 때 정극성이라고 하고 반대로 소재가 -이고 용접봉이 +일 때를 역극성이라고 한다.

2. 용접방법과 기술공정

1) 손전호용접

손전호용접은 전호를 일으키고 유지하며 용접봉의 이동을 사람이 손으로 하는 방법이다. 다시말하여 사람이 용접봉의 두가지 운동을 보장하면서 전호열에 의하여 소재의 련결부와 용접봉을 녹이고 합금화하여 련결하는 용접방법을 말한다.

(1) 손전호용접기

손전호용접기는 교류용접기와 직류용접기로 나눈다.

① 교류용접기

교류용접기는 직류용접기보다 간편하고 값이 눅으며 다루기 쉽기때문에 널리 쓰인다.

그러나 교류용접기로 용접하면 전호안정성이 나쁘고 력률이 떨어진다. 때문에 유색금속이나 특수합금용접에는 많이 쓰이지 않는다.

반면에 직류용접기로 용접할 때에는 전호안정성이 좋으며 력률이 높다.

교류용접기는 용접전류를 조절하는 형식에 따라 변압기와 조절기가 개별적으로 설치된 달린 용접기와 철심에 조절기가 달린 용접기로 나눈다.

철심에 조절기가 달린 교류용접기의 원리도를 그림 2-53에 주었다.

그림에서 보는바와 같이 자기분류기를 가진 교류용접기에서는 1차권선과 2차권선에 의하여 만들어지는 모든 자속이 자기분류기(가동철심)를 통하여 닫기면서 루설자속을 이룬다.

그림 2-53. 철심에 조절기가 달린 교류용접기의 원리도
1-1 차권선, 2-2 차권선, 3-자기분류기(가동철심), 4-조절손잡이 및 나사, 5-용접봉, 6-소재

조절손잡이로 자기분류기를 밀어넣거나 내오면 루설자속이 변화되므로 용접전류도 변한다.

즉 1차권선에 전류가 흐르면 자속 Φ_1를 만든다.

자속 Φ_1의 일부는 2차권선으로 통하고 일부는 가동철심으로 통하게 된다. 즉

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_{루}$$

조절손잡이를 오른쪽으로 돌려 가동철심을 철심정면밖으로 뽑아내면 자기저항이 커져서 $\Phi_{루}$가 작아진다. 그런데 Φ_1는 일정하므로 결국 Φ_2이 커져 전류는 2차권선에로 보다 많이 흐르게 된다.

반대로 나사축을 왼쪽으로 돌리면 가동철심은 안으로 들어가기때문에 자기저항이 작아져 루설자속이 많아진다.

그러므로 Φ_2이 작아지고 2차권선에는 적은 전류가 흐르게 된다.

전류조절범위는 60~400A이다.

② 직류용접기

직류용접기는 직류를 얻는 형식에 따라서 발전기식직류용접기와 정류식직류용접기로 나눈다.

정류기식직류용접기는 3상교류를 직류로 바꾸어주는 직류용접기인데 그 원리도를 보면 그림 2-54와 같다.

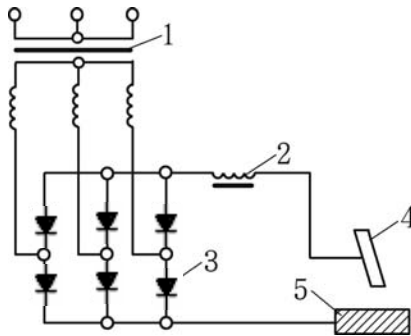



그림 2-54. 정류기식직류용접기의 작용원리도

1-3상변압기, 2-자기포화증폭기, 3-정류기구, 4-려파기, 5-용접봉

그림에서 보는바와 같이 정류기식직류용접기는 반도체소자를 리용하여 교류를 직류로 바꾸게 되여있다.

용접전류의 조절은 유도선륜에 의한 무효저항을 조절하는 방법으로 한다.

(2) 손전호용접기술공정

손전호용접기술공정선택에는 용접봉직경, 용접전류, 용접속도, 비산률, 용접련결형태, 이음층수, 용접봉놀림방법, 용접위치, 예열온도 등이 포함된다.

이가운데서 몇가지만 보기로 하자.

① 용접봉직경선택

용접봉직경결정은 용접기술조건선택에서 중요한 인자의 하나이다.

그것은 용접봉의 직경이 용접기술조건의 다른 인자들을 규정하는 바탕으로 되기때문이다.

소재를 맞대고 용접할 때 용접봉직경은 소재두께에 따라 표 2-3과 같이 선택한다.

소재두께에 따르는 용접봉의 직경 표 2-3

소재두께/mm	1.5	2	3	4~5	6~8
용접봉의 직경/mm	1.6	2	3	3~4	5

지금 생산현장들에서는 3mm, 4mm, 5mm 용접봉을 가장 많이 쓰고 드문히 2mm 용접봉도 쓴다.

여러층을 용접하는 경우에는 모를 딴 조건에서 첫층은 직경이 4mm아래인 용접봉으로 용접한다.

② 용접전류결정

용접봉직경이 선정된 다음에는 용접전류를 선정한다.

용접전류는 손전호용접공정에서 제일 중요한 자리를 차지한다.

그것은 용접전류가 용접이음의 질과 생산성에 큰 영향을 주기 때문이다.

용접전류는 용접봉직경에 따라 다음과 같이 결정한다.

$$I_{용} = k \cdot d$$

여기서 $I_{용}$-용접전류, A

d-용접봉직경, mm

k-실험결수, A/mm

용접봉직경 d에 따르는 실험결수 k의 크기는 다음과 같이 결정한다.(표 2-4)

용접봉직경 d에 따르는 실험결수 k의 크기 표 2-4

d/mm	1~2	2~4	4~6
$k/A \cdot mm^{-1}$	25~30	30~40	40~60

용접전류를 구하는 식은 용접위치가 바닥상태에 놓여있을 때에만 알맞는다.

수직 및 천정용접을 할 때에는 바닥용접할 때보다 10~20% 낮게 용접전류를 선정해야 한다.

소재두께 δ가 $\delta>3d$인 때에는 10~15%정도 높이며 $\delta<1.5d$인 때에는 10~15%정도 낮춘다.

③ 용접련결형태

용접련결형태에는 맞댄련결, 겹친련결, T형련결, 각련결 등이 있다.

맞댄련결에서는 모를 딸수도 있고 따지 않을수도 있다.

일반적으로 소재두께가 4mm이상인 경우에 모를 딴다.

자동용접하는 경우에는 소재두께가 4mm이상 되여도 모를 따지 않고 그대로 용접할수 있다. 모따기는 V형, X형, U형 등의 모양으로 할수 있다.

맞댄련결은 용접하기가 제일 쉬우며 조립하기도 간단하다.

겹친련결은 맞댄련결보다 드물게 쓰인다.

겹친련결에서는 소재의 한 부분이 다른 소재부분에 겹치게 되므로 금속의 소비가 많아질수 있다.

T형련결과 각련결도 많이 적용되고있는데 모를 따거나 따지 않고 용접할수 있다.

④ 용접이음줄의 층수결정

소재가 두꺼우면 여러층으로 용접하는데 이때 층수 n은 다음과 같은 식으로 결정한다.

$$n=\frac{\delta}{(0.8\sim1.2)d}+1$$

여기서 δ-소재두께, mm

d-용접봉직경, mm

n- 층수

실례로 소재두께가 25mm이고 용접봉직경이 5mm인 경우에 층수 n은 약 5이다. 즉 두께가 25mm인 소재는 5층으로 용접하여야 한다.

⑤ 용접봉놀림방법

용접할 때 용접봉을 그대로 이음줄방향에 따라 움직일수 있다.

만일 좌우로 움직이지 않으면서 용접한다면 이음너비는 다음과 같이 된다.

$$b = (0.8 \sim 1.5)d$$

이것은 여러층용접할 때 첫 층을 용접하거나 경우에 따라서 얇은 제품을 용접할 때 쓰는 방법이다.

많은 경우에 이음줄표준너비는 다음과 같다.

$$b = (3 \sim 5)d$$

표준너비의 이음을 얻으려면 용접봉을 좌우로 흔들면서 전진시켜야 한다.

그림 2-55. 용접봉놀림방법

용접봉놀림방법을 그림 2-55에 보여주었다.

⑥ 용접위치

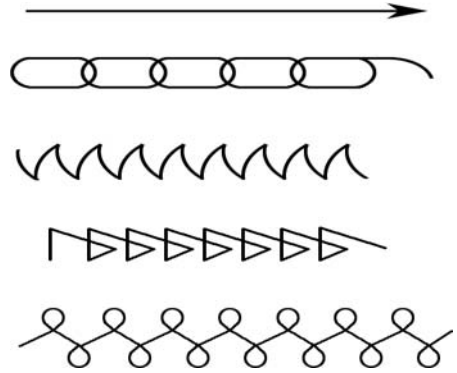
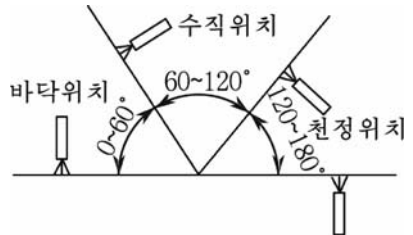
용접은 공간위치에 따라서 바닥용접, 수직용접, 천정용접으로 나눈다.(그림 2-56)

용접작업에서 가장 어려운것은 천정용접이며 쉬운것은 바닥용접이다.

바닥용접은 소재의 위치가 수평으로부터 60°까지 놓였을 때 용접하는것이며 수직용접은 소재의 위치가 60°로부터 120°까지, 천정용접은 120°로부터 180°까지 놓였을 때 용접하는것이다.

그림 2-56. 용접위치를 보여주는 략도

용접하는 금속중에는 용접이 잘되는 금속도 있고 잘 안되는 금속도 있다.

용접이 잘되는 금속은 용접성이 좋다고 말하고 반대로 용접이 잘 안되는 금속은 용접성이 나쁘다고 말한다.

용접성을 규정하는 인자에는 터짐경향성, 가스집이 생기는 정도, 이음줄이 형성되는 정도 등 많은 인자가 속한다.

특히 중탄소강, 고탄소강이나 합금들 그리고 주철 등은 용접하면 터짐이 생기기때문에 용접할 때에는 소재를 국부적으로 또는 전면적으로 미리 달구어야 한다.

2) 용제자동용접

(1) 용제자동용접의 본질

용제자동용접이란 기계가 용접쇠줄(속줄)의 두가지 운동 즉 속줄의 공급과 용접방향으로의 전진운동을 자동적으로 보장하면서 두 소재의 련결부를 용제속에서의 닫긴 전호열로 녹이고 합금화하여 결합시키는 용접방법을 말한다.

손전호용접에서는 용접봉의 두가지 운동을 사람이 하였으나 용제자동용접에서는 기계가 한다는것이 손전호용접과 다른것이다.

즉 용접방향으로의 이동은 밀차로 진행하며 속줄의 공급은 자동조절체계에 의하여 자동적으로 보장하여 전호길이를 유지하게 되였다.

용제자동용접할 때 용제와 속줄의 녹임과정을 그림 2-57에 주었다.

용제자동용접에서 용제는 용접봉의 피복제와 같은 역할을 한다. 즉 용제는 전호를 안정하게 하며 이음금속의 합금화를 실현하고 쇠물과 슬라크가 여러가지 야금학적반응을 진행하여 금속을 정련함으로써 그의 기계적성질을 개선한다.

그림 2-57. 용제자동용접의 략도
1-용접쇠줄, 2-녹은 쇠물방울, 3-거품, 4-전호, 5-이음쇠물, 6-녹은 슬라크, 7-용제, 8-이음금속, 9-소재

또한 보호가스와 슬라크를 형성하여 공기의 유해로운 침입으로부터 녹은 쇠물을 보호해줌으로써 이음금속에 가스집을 비롯한 여러가지 결함이 생기지 않게 하며 이음금속이 천천히 식게 함으로써 그의 기계적성질을 높여준다.

용제자동용접은 손전호용접에 비하여 다음과 같은 우점이 있다.

① 높은 생산성을 보장한다.

용제자동용접할 때에는 용접전류를 높이기때문에 생산성이 높아진다. 보통 직경이 5mm인 용접봉으로 손전호용접할 때에는 전류가 200~250A(전류밀도 10A/mm^2)를 넘지 않는다.

그러나 같은 직경의 쇠줄로 용제자동용접할 때에는 4~5배나 큰 800~1000A(전류밀도 40~50A/mm^2)로, 특별한 경우에는 전류를 1 200~1 600A까지 높일수 있다.

② 용접이음줄의 질이 높다.

용제자동용접을 하면 생산성이 높은것과 함께 용접이음의 질도 높아진다.

용제자동용접할 때에는 주위공기속의 산소나 질소의 작용으로부터 이음쇠물을 잘 보호할수 있으며 용접기술공정을 일정하게 유지할수 있다.

또한 용제와 슬라크가 녹은 쇠물과 고르게 작용하므로 용접이음의 성질과 화학조성이 일정해진다.

용제자동용접하면 쇠물상태로 있는 시간이 길어지므로 정련효과가 크고 터짐이 적다. 그리고 이음줄의 겉면이 깨끗하며 이음줄의 치수를 고르롭게 보장한다.

③ 용접재료와 전기에네르기소비가 적다.

용제자동용접할 때 녹임깊이가 커지므로 두께가 십여미리메터인 두꺼운 금속도 모를 따지 않고 단번에 용접할수 있다.

또한 비산(쇠물이 튀여나는 현상)에 의한 손실이 없으므로 손전호용접할 때보다 금속을 많이 절약할수 있다.

그리고 용접과정이 용제속에서 진행되므로 열효률이 매우 높아진다.

④ 용접작업이 안전하며 설비를 운영하기 쉽다.

용제속에서 용접이 진행되기때문에 전호빛에 의한 피해를 막을수 있고 로동조건이 좋아진다.

용제자동용접한 이음줄의 질은 용접공의 기능정도가 아니라 용접설비, 용접재료의 질에 많이 관계된다.

(2) 용제자동용접기술공정

용제자동용접할 때 기술조건에 속하는 인자들은 녹임깊이, 용접전류, 용접속도, 쇠줄의 직경, 전호전압, 소재의 상태 등이다.

① 녹임깊이

녹임깊이는 소재의 두께와 이음의 모양에 따라서 다음과 같이 결정한다.

한쪽면으로만 용접할 때 $h=\delta+k$

량쪽면을 다 용접할 때 $h=\frac{\delta}{2}+k$

여기서 δ-소재의 두께, mm

k-소재의 무딤과 련결을 고려한 결수(k=1~2)

② 용접전류

용접전류는 결정한 녹임깊이에 따라서 다음과 같은 식으로 구한다.

$$I_{용}=(80\sim100)h, \text{ A}$$

③ 용접속도

$$\nu_{용}=\frac{\alpha_{용착}\cdot I_{용}10^3}{\gamma\cdot F_{용착}}, \text{ m/h}$$

여기서 γ-소재의 밀도, kg/m^3

$F_{용}$-용착자름면의 넓이, m^2

$\alpha_{용착}$-쇠줄의 용착결수, kg/(A・h)

용제자동용접할 때 용접속도는 일반적으로 20~60m/h의 한계에 놓이게 된다.

④ 속줄의 직경

속줄의 직경은 다음식으로 계산한다.

$$D_{쇠}=2\sqrt{\frac{I_{용}}{\pi\cdot i}}, \text{ mm}$$

여기서 i-전류밀도, A/mm^2

이밖에 속줄의 비탈각과 돌출길이가 용접이음의 형태에 영향을 주게 되므로 잘 선정하여야 한다.

3) 접촉전기용접

접촉전기용접은 해당한 압력조건에서 두 소재의 이음부를 접촉전기저항열에 의하여 소성온도 또는 녹음온도이상으로 가열하고 소성변형시키면서 확산에 의하여 점으로 결합시키는 용접방법이다.

접촉전기저항용접에는 점용접, 맞댄용접, 로라용접이 있다.

그가운데서 제일 많이 쓰이는것이 점용접이다.

점용접은 자동차, 비행기, 려객차, 화차, 전기기구, 일용품 등을 만들 때 얇은 판을 겹침련결하는데 널리 적용하고있다.

(1) **점용접**

점용접의 략도를 그림 2-58에 주었다.

그림에서 보는바와 같이 얇은 두개의 판을 두 전극사이에 겹쳐서 끼우고 압력을 주면서 전류를 통과시킨다.

그림 2-58. 점용접의 략도

그러면 전류는 두 소재를 거쳐서 흐르는데 이때 두 판사이에서 생기는 전기접촉저항열에 의하여 그 부분이 소성상태 또는 녹음상태로 되는데 이때 두 극으로 누르는 압력에 의하여 소성변형되면서 원자들이 확산되여 두 판이 점으로 붙게 된다.

점용접은 소재두께가 62mm이하인 판에서 적용한다.

점용접할 때 이음의 질을 보장하려면 소재겉면에 기름, 먼지, 쇠껍질 등이 없도록 깨끗이 닦아야 한다.

그림 2-59에 점용접공정주기를 보여주었다.

그림의 ㄱ)는 소재를 압착한 다음 전류를 통과시켜 용접되리만큼 유지한 다음 전류를 끊고 압력 P를 제거하는 방법이다.

그림 2-59. 점용접공정주기

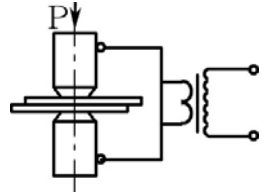
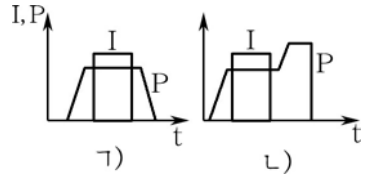
이 방법은 주로 저탄소강을 용접할 때 많이 쓰인다.

그림의 ㄴ)는 일정한 압력을 준 다음 전류를 보냈다가 끄고 다시 압력을 더 주어 련결하는 방법이다.

이 방법은 비교적 두꺼운 소재와 알루미니움 및 그 합금을 용접하는데 쓰인다.

점용접은 약한 기술조건 또는 센 기술조건으로 한다.

약한 기술조건은 낮은 전류와 낮은 압력으로 오랜 시간 용접하는것이며 센 기술조건은 높은 압력과 큰 전류로 짧은 시간(0.02~1.5s)에 용접하는 방법이다.

센 방법은 두께가 6mm 아래인 소재에 쓰이고 약한 방법은 두께가 6mm이상인 소재에 주로 쓰인다.

(2) 맞대용접

맞대용접은 봉, 관 및 판들의 자름면끼리 맞대고 전류를 통과시켜 국부적으로 맞닿은 부분에서 생기는 저항열에 의하여 가열하며 알맞춤한 온도에 달하였을 때 전류를 끄고 압력을 가하여 용접하는 방법이다.

맞대용접은 크게 저항식맞대용접과 녹임식맞대용접으로 나눈다.

저항식맞대용접은 두 소재를 세게 맞대고(1.5~3MPa이상의 압력을 준다.) 전류를 보내여 접촉전기저항열로 소성변형을 일으킬수 있도록 소재걸면을 달구는 방법이다.

이 방법은 저탄소강과 자름면이 1 000mm^2 아래인 깨끗한 유색금속을 용접하는데 좋다.

녹임식맞대용접은 용접하려는 두 금속소재의 자름면끝을 약간 접촉시키고 큰 전류를 통과시키면 접촉된 점들이 집중적으로 가열되는데 접촉과 불꽃비산을 반복하면서 용접할 면을 균일하게 용해온도이상으로 가열하여 높은 압력으로써 련결하는 방법이다.

(3) 로라용접

로라용접은 본질상 점용접형태의 하나이며 그 공정과 설비도 비슷하다.

많은 경우에 로라용접은 기밀성, 유밀성, 수밀성을 요구하는 닫기형제품들의 용접에 쓰인다.

로라용접할 때 소재두께가 커지면 설비용량, 압력장치 등이 커지므로 소재의 두께는 2mm 아래로 제한하고있다.

여기서 알루미니움합금은 (3+3)mm까지, 티탄판은 (2+2)mm까지, 저탄소강판은 (1.5+2.5)mm까지 용접할수 있다.

4) 보호가스용접

보호가스용접은 용제자동용접에서 용제대신에 보호가스를 쓰는것으로 하여 임의의 위치에서 용접을 진행할수 있으며 녹은 쇠물보호도 더 철저히 함으로써 용접이음의 질이 대단히 높다.

보호가스용접에는 용접이음을 보호하는 가스에 따라서 여러가지가 있는데 가장 많이 쓰이는 용접은 탄산가스용접과 아르곤가스용접이다.

(1) **탄산가스용접**

탄산가스용접은 어떤 위치에서도 용접이음의 보호능력이 좋으며 탄산가스원가가 낮고 용접작업을 쉽게 기계화, 자동화할수 있으므로 조선소와 건설사업소 및 자동차공장들에서 널리 쓰이고있다.

탄산가스용접이란 대기압보다 높은 압력을 가진 탄산가스로 둘러싸인 속에서 발생되는 전호가 내는 열에 의하여 속줄과 소재를 녹이고 합금화하여 결합시키는 용접방법이다.

그림 2-60. 탄산가스용접략도

1-전호, 2-가스노즐, 3-속줄공급로라, 4-속줄, 5-속줄노즐, 6-탄산가스흐름, 7-전원, 8-용접이음줄, 9-소재

탄산가스용접략도를 그림 2-60에 주었다.

그림에서 보는바와 같이 속줄과 소재사이에서 전호가 일어나며 녹은 쇠물은 철저히 탄산가스가 보호하게 되여있다.

탄산가스는 용접봉피복제가 수행하는 전호안정제의 역할을 수행하지 못한다. 따라서 전원은 직류전원을 써서 전류밀도를 높여 전호안정성을 보장하게 되여있다.

탄산가스용접을 하면 녹은 쇠물을 공기의 유해로운 침입으로부터 철저히 보호해주는 좋은 점은 있으나 탄산가스가 불활성기체가 아니므로 2 000℃이상에서 일부 해리되여 산소를 발생시키는 결함이 있다.

즉 $$CO_2 \leftrightarrow CO + 1/2O_2$$

해리된 산소는 이음쇠물안에서 산화물을 만든다.

즉 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$Fe_{(액)} + 1/2O_{2(기)} \leftrightarrow FeO_{(액)}$$

$$FeO + C_{(액)} \leftrightarrow Fe_{(액)} + CO_{(기)}$$

이 CO는 이음금속안에서 쉽게 가스집을 만든다.

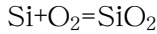
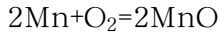
동시에 속줄안의 합금원소들이 산소에 의하여 많이 손실될수 있다.

그러므로 탄산가스용접할 때에는 탄산가스가 높은 전호온도에서 해리되여나오는 O_2의 영향을 막기 위하여 보통전호용접에 쓰는 속줄을 쓰지 않고 망간, 규소가 들어있는 접08MnSi 등의 쇠줄을

쓰는것이 특징적이다.

그것은 망간과 규소가 탈산작용을 하기때문이다. 즉

$$2Mn+O_2=2MnO$$

$$Si+O_2=SiO_2$$

탄산가스용접할 때 이음금속에서 생기는 가스집은 소재의 걸면에 산화물이 있는 경우, 탄산가스와 소재걸면에 물기가 들어있거나 묻은 경우, 탄산가스속에 질소가 많은 경우, 용접할 때 탄산가스가 쉽게 해리되는 경우에 생긴다.

특히 다른 조건들이 다 좋은 경우에도 탄산가스가 많이 해리될 때 생긴 CO는 이음쇠물이 결정화과정에 미처 빠져나오지 못하고 가스집을 만든다.

탄산가스용접할 때에는 용제자동용접할 때보다 이음부의 랭각속도가 빠르다. 그것은 걸면에 보호슬라크가 없는데다가 가스의 랭각작용이 세기때문이다.

그러므로 탄산가스용접을 할 때에는 가스집이 생길수 있는 조건이 있게 된다.

가스집을 없애기 위하여서는 탄산가스의 순도를 높여야 하며 알맞는 쇠줄(망간, 규소가 들어간것)을 써야 한다.

탄산가스용접할 때에는 또한 비산(쇠물방울이 튀여나는것)에 대하여 주의를 돌려야 한다.

쇠물방울들은 튀여나 쇠줄과 용접버너에 붙음으로써 용접과정의 안정성을 나쁘게 한다.

때문에 비산을 없애는것은 탄산가스용접에서 풀어야 할 중요한 문제의 하나이다.

그러나 용접공정을 정확히 선정하면 비산을 줄이고 안정하게 용접할수 있다.

탄산가스는 일반 보이라굴뚝에서 나오는 연기, 석회석 혹은 마그네사이트를 배소할 때 생기는데 그것을 잘 정제하여 써야 한다.

석회석은 800~900℃에서 생석회와 탄산가스로 해리되며 마그네사이트는 600℃이상에서 마그네샤크링카와 탄산가스로 해리된다.

탄산가스속에는 불순물 특히 수분이 없어야 한다.

탄산가스용접에 쓰이는 탄산가스속에는 수분이 0.055%이상 넘지 말아야 한다.

(2) 아르곤가스용접

아르곤가스는 탄산가스와는 달리 야금학적과정에는 큰 영향을 주지 않고 녹은 쇠물을 철저히 유해로운 공기의 영향으로부터 보호할뿐아니라 전호안정성을 높이는데 영향을 준다.

아르곤용접을 할 때에는 보탬쇠줄을 쓰기도 하고 쓰지 않기도 한다.

아르곤용접은 여러가지 합금강, 유색금속, 활성금속들을 용접하는데 많이 쓰고있다.

아르곤용접이란 사람이 주로 녹지 않는 전극의 운동을 보장하거나 기계가 쇠줄의 두가지 운동을 자동적으로 보장하면서 두 소재의 이음부를 대기압보다 높은 압력을 가진 아르곤가스로 둘러싸인 전호열로써 녹이고 합금화하여 련결하는 용접방법을 말한다.

아르곤가스용접략도를 그림 2-61에 주었다.

그림에서 보는바와 같이 아르곤가스분위기속에서 녹지 않는 월프람전극과 소재사이에서 전호가 일어나고 그 전호공간으로 보탬쇠줄을 넣어서 소재와 보탬쇠줄을 녹이고 합금화하여 련결한다.

그림 2-61. 아르곤가스용접략도
1-노즐, 2-월프람전극, 3-아르곤가스흐름, 4-보탬쇠줄, 5-전호, 6-소재, 7-련결금속

아르곤용접에서 쓰는 아르곤은 순도가 높아야 한다.

알루미니움과 그 합금을 용접할 때 아르곤의 순도는 99.7%이상 되여야 한다.

아르곤용접할 때에는 녹지 않는 전극으로서 월프람전극을 많이 쓰며 월프람과 하프니움 또는 지르코니움과의 합금도 쓴다.

용접이음줄의 형태와 그의 질은 적지 않게 아르곤의 흐름속도에 관계된다.

아르곤의 흐름속도가 불충분할 때에는 바깥으로부터 이음쇠물에 계속 산소, 수소들이 들어가므로 이음의 질이 낮아진다.

반대로 아르곤의 흐름속도가 지나치게 빠른 경우에는 전호주위에서

회리현상이 생기므로 전호안정성이 낮아진다.

그러므로 아르곤의 보호특성을 시험한 다음 사용하여야 한다.

보탬쇠줄의 직경은 소재두께에 따라 선정한다.

실례로 Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Cu-Mg 등의 합금을 용접할 때 보탬쇠줄직경은 소재두께가 2mm까지이면 1~1.5mm, 두께가 2~5mm까지이면 1.5~3.0mm로 한다.

아르곤용접할 때 소재를 잘 청소하여야 한다.

특히 알루미니움과 그 합금을 용접하는 경우에 소재겉면청소를 더 잘하여야 한다.

청소는 주로 화학적으로 하며 경우에 따라서 강철솔로 하기도 한다.

5) 가스용접과 절단

(1) 가스용접

가스용접은 녹은 쇠물을 공기의 침입으로부터 보호하지 못하고 탈산, 탈린, 탈류를 잘하지 못하여 용접이음부의 기계적성질이 낮은 결함이 있으나 오늘도 많이 리용되고있는 용접방법중의 하나이다.

그것은 얇은 저탄소강판을 용접할 때라든가 전기가 없는 곳에서 용접할 때 매우 효과적인 용접방법이기때문이다.

① 가스용접의 개념

가스용접이란 탈수 있는 가스들에 산소를 첨가하면 가스들이 타는데 이때 생기는 가스불길로 소재와 보탬쇠줄을 녹이고 합금화시켜 뗄수 없게 련결하는 용접방법을 말한다.

탈수 있는 가스에는 아세틸렌가스, 수소가스, 프로판가스, 메탄가스, 석유가스, 휘발유가스 등이 속한다. 주로는 아세틸렌을 쓰는데 아세틸렌가스는 카바이드의 물분해에 의하여 얻는다.

아세틸렌은 탈 때 많은 열을 내는데 이때 최고온도는 3 100℃이다.

이 열로 소재와 보탬쇠줄을 녹이고 합금화하여 두 소재를 련결한다.

산소는 공기로부터 얻는다. 가스용접을 하자면 아세틸렌발생기, 수압안정기, 산소병, 압력조절기, 용접버너가 있어야 한다.

그림 2-62에 가스용접략도를 주었다.

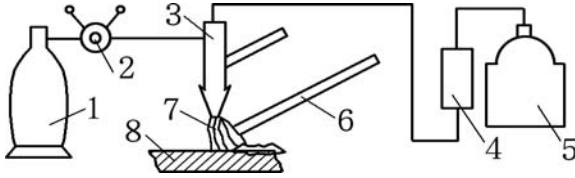



그림 2-62. 가스용접략도
1-산소병, 2-압력조절기, 3-버너, 4-수압안정기,
5-아세틸렌발생기, 6-보탬쇠줄, 7-가스불길, 8-소재

그림에서 보는바와 같이 산소병에서 나온 산소는 압력조절기를 통하여 버너로 들어가고 아세틸렌은 아세틸렌발생기에서 생산되여 수압안정기를 통하여 버너로 들어간다.

버너에서 아세틸렌과 산소가 섞어지게 되는데 이 혼합가스가 타는 불길로 소재와 보탬쇠줄을 녹여서 두 소재를 련결한다.

수압안정기는 용접버너 혹은 절단버너로부터 산소 또는 불길이 뒤로 들어올 때 아세틸렌발생기를 폭발로부터 보호하기 위한것이다.

아세틸렌발생기는 카바이드와 물을 가지고 아세틸렌을 얻는 장치이다.

아세틸렌발생기에는 여러가지 형이 있는데 그림 2-63에 카바이드를 물에 잠그는 형식의 발생기를 보여주었다.

카바이드통 2가 물에 잠기면 아세틸렌이 발생한다.

시간이 지나서 아세틸렌의 량이 많아져 가스의 압력이 커지면 이 압력에 의하여 물면이 눌리져 물과 카바이드의 접촉면적이 작아지며 아세틸렌가스압이 작아져서 물면이 우로 올라오면 카바이드와 물의 접촉면적이 커져서 아세틸렌의 량이 많아진다.

그림 2-63. 아세틸렌발생기
1-아세틸렌가스, 2-카바이드통, 3-물, 4-발브

또한 가스용접작업을 하지 않을 때 발브를 막으면 아세틸렌가스압이 커져 물면을 누름으로써 카바이드와 물이 접촉되지 않기때문에 카바이드를 필요없이 소모하지 않게 되여있다.

② 가스용접공정

가스용접할 때 산소와 아세틸렌가스의 혼합비에 따르는 가스불길을 잘 선택하여야 한다.

가스불길에는 산화불길, 표준불길, 탄화불길이 있다.

표준불길은 $V_{O_2}/V_{C_2H_2}$=1.0~1.2인 때 얻을수 있으며$V_{O_2}/V_{C_2H_2}$＞1.2인 때에는 산화불길, $V_{O_2}/V_{C_2H_2}$＜1.0인 때에는 탄화불길이 얻어진다.

표준불길로 용접할 때에는 이음쇠물이 탈산되므로 용접이음의 기계적성질이 높아진다. 때문에 가스용접할 때에는 반드시 표준불길로 조절하여 써야 한다.

산화불길로 용접하면 이음쇠물이 심하게 산화되기때문에 가스집을 발생시키며 용접이음의 기계적성질을 낮춘다.

한편 탄화불길에는 아세틸렌이 많기때문에 이음금속에 탄소가 들어가 그의 기계적성질이 떨어지게 된다.

또한 불길의 길이를 잘 조절하는것도 중요하다.

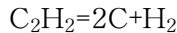
그림 2-64에 표준불길의 구조를 주었다.

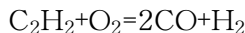
그림 2-64. 표준가스불길의 구조
1-불길중심구역, 2-환원구역, 3-산화구역

그림에서 보는바와 같이 표준불길은 중심구역, 환원구역, 산화구역으로 되여있다.

불길중심구역은 빛나는 흰색을 내는 고깔모양인데 그의 길이는 혼합가스의 흐름속도에 관계된다.

불길중심에서 아세틸렌은 다음과 같이 분해된다.

$$C_2H_2=2C+H_2$$

환원구역은 기본적으로 아세틸렌의 연소반응에 의하여 생기는 일산화탄소와 수소로 구성된다. 즉

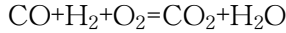
$$C_2H_2+O_2=2CO+H_2$$

이 구역은 불길중심구역으로부터 시작하여 진한 하늘색을 나타낸다.

이 구역에서 온도는 그림에서 보는바와 같이 3 000℃이상 되는데 이 온도는 불길중심구역의 끝으로부터 2~4mm 떨어진 곳에서 나타난다.

그러므로 이 구역의 불길로 금속을 용접하여야 한다.

산화구역은 환원구역에서 형성된 CO와 H_2이 공기속의 산소와 반응하여 산화되는 구역이다.

이 구역에는 탄산가스와 수증기가 많이 있다. 산화구역에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.

$$CO+H_2+O_2=CO_2+H_2O$$

가스용접방법에는 오른용접방법과 왼용접방법이 있다.(그림 2-65)

그림에서 보는바와 같이 오른용접방법은 보탬쇠줄이 가스불길을 따라가면서 용접하는 방법이고 왼용접방법은 가스불길이 보탬쇠줄을 따라가면서 용접하는 방법이다.

용접방법에 따라서 가스용접기술공정이 다르다. 오른용접과 왼용접방법으로 강철을 용접할 때 아세틸렌소비량은 달라진다.

즉 오른용접할 때 아세틸렌소비량은 왼용접할 때보다 많아진다.

그림 2-65. 가스용접방법

ㄱ-오른용접방법, ㄴ-왼용접방법

용접할 때 버너의 경사각은 소재가 두꺼울수록 크게 하여야 한다.

(2) 금속의 절단

금속의 절단은 소재준비에서 매우 중요한 자리를 차지한다.

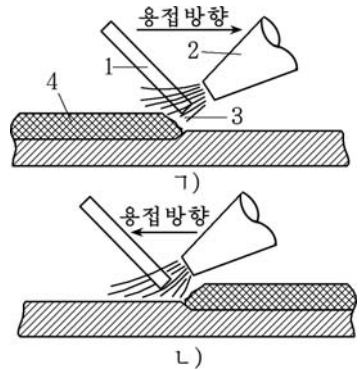
금속의 절단은 크게 전호절단, 가스절단, 플라즈마절단으로 나누어 볼수 있다.

물론 이밖에도 여러가지 절단방법이 있지만 주로 이 세가지 절단방법이 많이 쓰인다.

① 전호절단

전호절단이란 절단부를 전호열로 녹음온도이상까지 달구고 전호압력과 쇠물의 자체질량에 의하여 그리고 필요에 따라 여러가지 외부적힘을 주어 거기로부터 금속이 떨어져나가게 하는 방법을 말한다.

전호절단에서는 절단봉을 리용하는데 절단봉으로서는 탄소봉 또는 녹는 자름봉(용접봉과 갈음)을 리용한다.

일반적으로 전호절단은 절단면이 고르롭지 못하고 생산성도 높지

못한것이 결함이다. 이와 같은 결함을 없애기 위하여 산소전호절단과 공기전호절단을 리용한다.

산소전호절단은 절단부에 산소를 일정한 압력으로 보내주어 금속을 산화시켜 녹이면서 세게 밀어낸다.

보통 산소전호절단때 절단봉은 중심에 구멍이 뚫린 관형태로 되여 있는데 산소는 중심구멍을 통하여 보낸다.

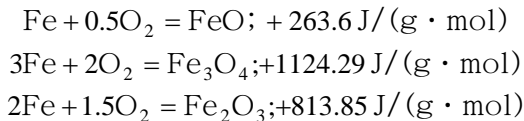
공기전호절단은 탄소전극이나 흑연전극에 의하여 녹은 절단부의 금속을 압축공기에 의하여 밀어내는 방법이다.

이 방법은 소재를 완전히 잘라낼 때 그리고 모따기할 때 많이 쓰이고있는데 주로 탄소강, 내열강, 불수강소재를 자를 때 쓰인다.

② 산소절단(가스절단)

가스절단이란 가스불길로서 소재를 집중적인 산화온도(발화온도)까지 가열하고 거기에 높은 압력을 가진 산소를 뿜어주어 절단부분을 산화물로 만들어 녹아 떨어져나가게 하는 열화학적절단방법을 말한다. 즉 산소의 흐름속에서 금속을 산화시키고 형성된 산화물을 떼내는 과정을 말한다.

산소에 의한 철의 산화는 다음의 반응식으로 표시된다.

$$Fe + 0.5O_2 = FeO;\ +263.6\ J/(g \cdot mol)$$
$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4;+1124.29\ J/(g \cdot mol)$$
$$2Fe + 1.5O_2 = Fe_2O_3;+813.85\ J/(g \cdot mol)$$

식에서 보는바와 같이 반응구역의 온도가 높을 때에는 세가지 산화물이 생긴다.

산소절단때 절단부분의 금속을 산화온도까지 미리 가열하여야 한다.

이때 산소의 흐름에 의하여 산화된 산화물들은 녹아서 액체상태의 슬라크로 되여 절단부에서 떨어져나가게 된다.

산소절단의 략도를 그림 2-66에 보여주었다.

그림에서 보는바와 같이 혼합가스에 불을 달고 그 불길을 절단부위에 쏘아준다.

그러면 절단부위의 금속은 발화온도까지 가열되는데 이때 높은 압력을 가진 산소를

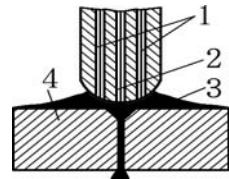



그림 2-66. 산소절단과정의 략도
1-혼합가스, 2-절단산소, 3-불길, 4-잘라지는 곳

이 부분에 뿜어주면 절단부분의 금속은 산화물로 되여 산소압력에 의하여 녹아 떨어지면서 절단된다.

③ 플라즈마절단

플라즈마절단이란 15 000~20 000℃의 높은 온도를 가진 플라즈마열로 소재를 녹여 액상금속을 밀어내는 방법을 말한다.

플라즈마절단은 자름면의 질이 매우 좋고 열영향구역이 작으며 변형이 거의 없다.

또한 자른 다음 그대로 구조물제작에 리용할수 있다.

이 방법은 두꺼운 판, 얇은 판들을 비롯하여 유색금속과 합금강들도 순조롭게 자를수 있다.

플라즈마절단에서는 주로 직접 플라즈마를 쓰며 소재의 자름과 모서리절단, 일정한 모양을 가진 제품들을 자르는데 쓰인다.

플라즈마절단할 때 질소, 수소, 아르곤들과 그 혼합물 그리고 공기를 플라즈마형성가스로 리용한다.

최근에는 공기플라즈마절단방법을 가장 많이 쓰고있다. 이 방법은 생산성이 높고 질이 매우 좋다.

플라즈마절단할 때 전극으로서는 녹지 않는 전극들인 탄소전극, 월프람, 월프람-토리움합금, 지르코니움, 탄탈전극들을 쓴다.

가장 많이 쓰는것이 W-Th전극이고 공기플라즈마절단에서는 Zr 전극이다.

플라즈마절단으로는 얇은 소재로부터 200mm까지의 소재를 쉽게 자를수 있다.

6) 특수용접

(1) 전자선용접

전자선용접은 진공속에서 높은 속도로 가속된 전자를 용접하려는 제품에 충돌시켜 그것의 운동에네르기가 바뀌여 생긴 열에네르기를 리용하여 용접하는 방법이다.

그림 2-67에 전자선용접기의 원리도를 보여주었다.

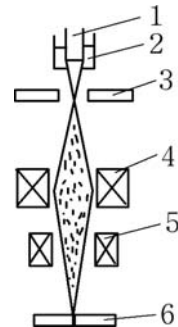



그림 2-67. 전자선용접기의 원리도
1-음극, 2-집속전극, 3-양극, 4-자기렌즈, 5-편이렌즈, 6-소재

그림에서 보는바와 같이 가열선조(월

프람)에 전기를 보내여 열전자를 방출시켜 이것을 높은 전압이 걸려있는 양극에 의하여 가속시키고 또 집속렌즈로 용접하려는 물체우에 집속시킨다. 이렇게 하여 속도가 매우 빠른 전자들이 가진 에네르기는 운동에네르기로부터 열에네르기로 바뀌여 용접하려는 곳이 가열되여 녹게 된다.

이 용접방법의 우점은 진공속에서 용접하므로 용접부가 대기의 오염을 받지 않는다.

용접기출력의 조절범위가 크므로 박지와 같은 얇은 판으로부터 두꺼운 판에 이르기까지 용접할수 있다.

결함은 진공실이 필요하고 용접기가 비싼것이다.

(2) 플라즈마용접

플라즈마용접이란 녹지 않는 전극과 플라즈마가스에 의하여 생기는 플라즈마열에 의하여 두 소재의 이음부를 녹음온도이상으로 달구고 합금화시켜 결합시키는 용접방법을 말한다.

플라즈마용접의 원리도를 그림 2-68에 주었다.

그림 2-68. 플라즈마용접원리도

플라즈마전호를 얻는 형식은 두가지가 있는데 한가지는 음극(월프람)과 양극(동으로 만든 노즐)사이에 전호를 발생시키는 방법이다.

다른 한가지는 음극(월프람)과 양극(용접하려는 물체)사이에 전호를 일으키고 그것을 둘러싸도록 작용가스를 보내주어 노즐로부터 뿜어나오도록 하는 방법이다.

플라즈마용접방법의 우점은 다음과 같다.

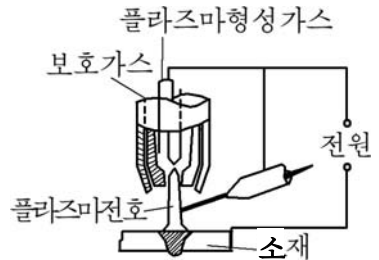
① 용접생산성이 매우 높다.

실례로 30mm까지의 두께를 가지는 소재도 한번 통과로 용접할수 있다.

② 매우 얇은 소재도 정확하게 용접할수 있다.

실례로 0.01mm의 두께를 가지는 소재도 정확히 용접할수 있다.

③ 제품의 변형이 작아진다.

플라즈마용접방법은 탄소강, 합금강, 유색금속, 특수합금 등의 거

의 모든 금속들을 용접할수 있으며 주로 특수한 사명을 가진 제품들을 용접하는데 많이 쓰인다.

(3) 초음파용접

초음파용접이란 해당한 압력조건에서 보통 두 소재의 겹친련결부에 초음파를 작용시킬 때 거기에서 원자들의 맹렬한 퍼짐에 의하여 결합되는 용접방법을 말한다.

초음파용접의 우점은 매우 얇은 소재를 변형이 없이, 재질의 변화가 없이 정확히 용접한다는데 있다.

초음파용접방법은 재질면에서 볼 때 여러가지 종류의 흑색금속, 유색금속들을 용접하는데 쓰이며 보통 두께가 1.5mm이하인 여러가지 종류의 흑색금속, 유색금속을 용접하는데 쓰인다.

또한 대상조건에서 볼 때는 전자공업, 계기제작분야에 쓰이는 요소들을 만드는데 널리 쓰이고있다.

그림 2-69에 초음파에 의한 점용접략도를 주었다.

그림 2-69. 초음파용접의 략도

1-진동자, 2-도파기, 3-돌출부, 4-소재, 5-가동단자, 6-랭각수

초음파용접에서는 련결되는 부분품들의 접촉면에서 얇은 층만이 소성변형되기때문에 도금 또는 산화착색된 겉면들도 용접할수 있다.

초음파용접은 물리기계적성질이 서로 다른 금속들(불수강과 알루미니움, 동과 알루미니움 등)의 용접, 용접하기 힘든 금속들로 만든 두께가 각이한 부분품들의 용접, 가소물의 용접 등에 적용할수 있다.

(4) 납땜

납땜이란 련결부를 녹이지 않고 소재의 좁은 경계면에 겉면장력작용으로 소재보다 녹음점이 낮은 금속을 녹여서 첨가하여 결합시키는 방법이다.

이때 첨가되는 납의 녹음점이 450℃이상이면 경납땜이라고 하고 그 이하이면 연납땜이라고 한다.

납땜방법에는 다음과 같은 방법들이 있다.

① 전호에 의한 납땜

소재와 전극 또는 2개의 전극사이에서 생기는 전호열로 납땜하는

방법을 말한다.

② 가스에 의한 납땜

가스불길로 가열하여 진행하는 납땜을 말한다.

③ 로속에서의 납땜

로속에서 가열하여 진행하는 납땜을 말한다.

④ 유도가열에 의한 납땜

유도전류로부터 얻어지는 열을 리용하여 진행하는 납땜을 말한다.

⑤ 저항열에 의한 납땜

전기의 저항열에 의하여 진행하는 납땜을 말한다.

⑥ 가마속에서의 납땜

녹은 납 혹은 화학약품의 욕조속에서 진행하는 납땜을 말한다.

3. 용접재료

1) 용접봉의 분류

용접봉은 피복제(씌움감)성분에 따라 크게 두가지 즉 산성계용접봉과 염기성계용접봉으로 나눈다.

① 산성계용접봉은 피복제의 기본성분 다시말하여 용접할 때 생기는 슬라크의 기본성분이 산성인 용접봉을 말한다.

례를 들면 남포-5호용접봉과 같이 피복제가 티탄정광이 주성분으로 된 티탄정광계용접봉이나 철광석을 주성분으로 하는 철광석계용접봉을 들수 있다.

산성계용접봉은 전호가 잘 일어나기때문에 교류용접기로 용접할수 있는데 주로 저탄소강을 용접하는데 쓰인다.

티탄정광을 기본성분으로 넣은 남포-5호용접봉의 색갈은 검다.

② 염기성계용접봉은 피복제의 기본성분 다시말하여 용접할 때 생긴 슬라크의 기본성분이 염기성인 용접봉을 말한다.

례를 들면 남포-2ㄹ용접봉과 같이 피복제에 대리석과 형석이 기본성분으로 들어간 용접봉을 말한다.

이 용접봉은 전호가 잘 일어나지 않아서 직류용접기로 용접해야 하며 색갈은 회색이다.

이 용접봉을 일명 저수소계용접봉이라고도 말하는데 용접전호공간에 수소량이 적고 용접야금행정에서 탈산을 잘하며 피복제에 있는

합금원소들을 이음금속에 이행시켜 용접이음부의 질을 높이는것으로 하여 중요한 구조물용접에 리용한다.

③ 피복제기본성분의 이름에 따라 티탄정광계용접봉, 철광석계용접봉, 대리석-형석계용접봉, 이산화티탄계용접봉 등으로도 나눌수 있다.

여기서 티탄정광계, 철광석계, 이산화티탄계용접봉은 산성계용접봉이며 대리석-형석계는 염기성계용접봉이다.

④ 용접하려는 금속의 종류에 따라 강철용접봉, 주철용접봉, 동과 그 합금용접봉, 알루미니움과 그 합금용접봉으로 나눈다.

강철용접봉은 다시 용도에 따라 저탄소강용접봉, 저합금고강도강용접봉 등으로 나눈다.

이밖에도 용접전류에 따라 교류용접봉과 직류용접봉으로 나누며 용접봉의 모양에 따라 피복전호용접봉과 가루쇠줄용접봉 등으로 나눈다.

2) 용접봉피복제의 역할

처음에 진행한 탄소전호용접은 우선 보호가스를 형성하지 못하여 녹은 쇠물이 공기의 침입을 받아 용접이음금속에 가스집을 비롯한 여러가지 결함을 발생시키였으며 탄소전극으로부터 탄소가 이음금속으로 들어가 기계적성질을 떨구어 용접이음의 질을 높이지 못하였다.

이러한 결함을 없애기 위하여 피복전호용접봉이 출현하였다.

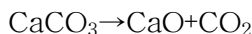
그러면 용접봉의 피복제는 어떤 역할을 하는가.

① 전호를 안정하게 한다.

용접봉피복제에는 칼리움, 나트리움, 티탄을 비롯한 쉽게 이온화되는 원소들이 들어감으로써 용접봉이 탈 때 전호공간을 쉽게 이온화시켜 전호가 꺼지지 않고 용접봉이 잘 타게 하는 역할을 한다.

보호가스를 발생하여 유해로운 공기의 침입으로부터 녹은 쇠물을 보호해주는 역할을 한다.

피복제에 들어있는 갈탄이나 니탄을 비롯한 유기물질과 여러가지 광석류, 암석류가 탈 때 많은 가스가 나온다.

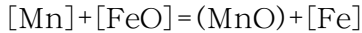
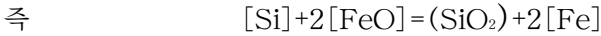
$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

발생된 탄산가스는 공기중의 산소, 수소, 질소가 녹은 쇠물로 들어가지 못하도록 함으로써 기계적성질이 높은 용접이음금속을 얻게

한다.

탈산반응을 비롯한 여러가지 야금학적반응을 진행하여 금속(쇠물)을 정련함으로써 질좋은 용접이음금속을 얻게 한다.

실례로 피복제에 들어가는 규소철과 망간철은 쇠물속에 있는 산소를 제거함으로써 가스집을 비롯한 결함이 생기지 않게 한다.

즉 $$[Si]+2[FeO]=(SiO_2)+2[Fe]$$

$$[Mn]+[FeO]=(MnO)+[Fe]$$

또한 피복제에 들어가는 형석은 수소에 의한 가스집과 터짐을 막는데서 매우 중요한 역할을 한다.

따라서 용접봉피복제에 형석이 들어가는 용접봉을 저수소계용접봉이라고도 하는데 이러한 용접봉으로 용접하면 용접이음금속중 수소함유량이 극히 적어지기때문에 터지기 쉬운 중탄소강이나 합금강의 용접도 할수 있다.

② 용착금속(녹아붙는 금속)속에 필요한 합금원소를 첨가하게 한다.

합금강을 비롯한 기계적세기가 높은 강철들을 용접할 때 용접이음금속에 결함이 없어도 기계적성질을 만족시키지 못하는 경우가 있다.

이때에는 피복제에 여러가지 합금철 즉 망간철, 규소철, 크롬철, 티탄철, 몰리브덴철, 바나디움철 등을 넣어서 용접이음금속속에 이와 같은 원소들을 첨가해줌으로써 기계적성질을 높여준다.

이런 경우에는 반드시 피복제를 염기성계로 선택하여야 한다.

③ 슬라크를 만들어 이음금속을 보호하며 이음금속이 천천히 식게 한다.

피복제에 들어가는 모래, 대리석, 형석, 장석, 규석, 티탄정광, 망간광석, 철광석을 비롯한 암석류들과 광석류들은 녹았다가 식으면서 슬라크를 만들어 이음금속을 덮어줌으로써 이음금속이 천천히 식게 하여 용접이음금속립자들이 미세해지고 정돈되여 그의 성질을 좋게 해주는 역할을 한다.

이와 같이 피복제는 중요한 역할을 함으로써 용접이음금속의 모든 기계적성질들을 확고히 담보해준다.

3) 용접봉쇠줄

용접봉쇠줄은 다른 보통강종에서보다 불순물을 적게 가져야 한다.

일반적으로 용접봉심선(쇠줄)은 용접하려는 소재금속과 같은 재질을 쓸것을 요구한다.

즉 저탄소강은 저탄소강심선을, 불수강은 불수강심선을, 내열강은 내열강심선을 그리고 동은 동심선을, 알루미니움은 알루미니움심선을 쓸것을 요구한다.

우리 나라에서 생산되는 용접봉쇠줄은 대부분이 염기성평로에서 나오는 끓음강이며 특수한 쇠줄들은 전기로 또는 유도로에서 녹여 만든다.

용접봉쇠줄의 직경은 1~8mm까지인데 이가운데서 많이 쓰이는 쇠줄들의 직경은 3~5mm이다.

용접봉심선은 일정한 길이로 곧게 펴고 직각으로 잘라야 한다.

대체로 4mm와 5mm용접봉심선은 450mm로 자르며 3mm용접봉심선은 350mm로 자른다. 자른 다음에 심선의 겉면에 있는 녹과 오물을 깨끗이 없애야 한다.

4) 물유리

용접봉을 만들자면 용접봉심선, 피복제와 함께 물유리가 있어야 한다.

물유리는 규석 또는 모래와 탄산염을 화학량론적으로 섞어서 전열로 또는 가스불길로에서 녹여 얻은것이다.

물유리는 고체물유리와 액체물유리로 나눈다.

고체물유리는 유리모양의 무색 또는 연푸른색, 연풀색 등의 덩어리와 알갱이들로 되여있다.

액체물유리는 고체물유리를 0.4~0.6MPa의 증기로 가압가마에서 녹여만든다.

현장들에서 벼겨재로 물유리를 만들어 쓰고있다. 만드는 방법은 벼겨재 30~40%에 15~20%의 가성소다를 넣고 끓여서 만든다.

5) 용접봉생산공정

① 용접봉

용접봉생산은 크게 심선과 피복제, 물유리를 준비하고 그것으로 용접봉을 만들고 건조, 가열, 검사하는 공정을 거친다.

그림 2-70에 용접봉생산공정도를 주었다.

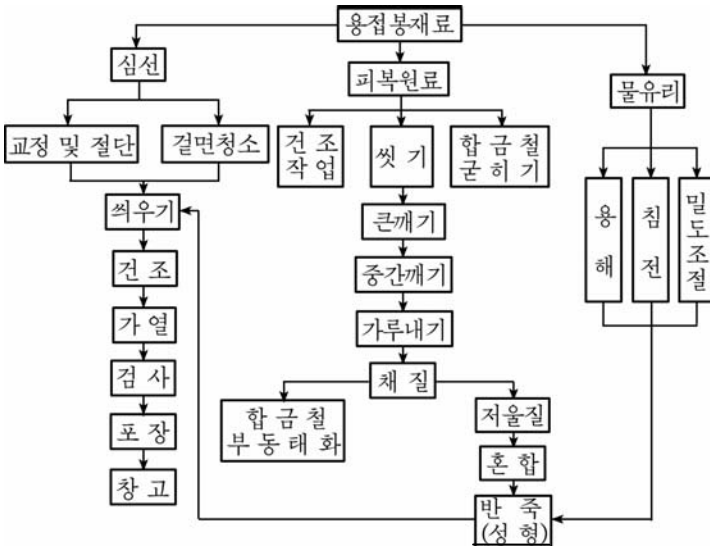



그림 2-70. 용접봉생산공정도

그림에서 보는바와 같이 피복제원료준비는 씻기, 말리기, 굳히기, 깨기, 가루내기, 채질 등과 같은 공정으로 진행한다.

씻기는 피복제원료걸면의 불순물을 없애기 위하여 한다.

말리기는 가루 또는 알갱이재료 그리고 유기물질에 들어있는 물기를 빼기 위하여 한다.

유기물질은 150℃ 아래에서 말리우고 기타 재료들은 300~400℃에서 말린다.

합금철에 대해서는 굳히기를 하는데 그것은 대략 1 000℃까지 달구고 흐르는 찬물에 급히 식히는 방법으로 한다. 이렇게 굳히기를 하면 재료덩어리걸면에 터짐이 생기기때문에 쉽게 바스러질수 있다.

큰 깨기는 중간 깨기를 쉽게 하기 위하여 덩어리를 10~25mm로 만드는 공정이다.

가루내기는 요구되는 알굵기를 가진 알갱이를 얻기 위하여 한다. 가루낸 다음 해당한 알굵기를 보장하기 위하여 채로 선별한다.

다음 피복제의 사명에 따라 매개 성분들을 저울질하고 마른 상태에

서 혼합하며 물유리를 두어서 반죽한다. 이 반죽물에 심선을 잠그었다가 뽑는다.

만들어진 용접봉은 방안온도가 18~25℃ 되는 곳에서 24h이상 말리우고 다시 가열해야 하는데 산성계용접봉은 240℃에서 60~90min, 염기성계용접봉은 350~400℃에서 40~60min 가열하여 써야 한다.

② 용제

금속을 자동 및 반자동용접할 때 용제들이 사용된다.

용제는 사명에 따라서 일반용제와 특수용제로 나눈다.

일반용제는 저탄소강과 몇가지의 저합금강을 용접하는데 많이 쓰이고 특수용제는 저합금강, 유색금속들을 용접하는데 쓴다.

화학조성에 따라서는 거기에 포함된 산성 및 염기성산화물의 함유량에 따라 산성용제와 염기성용제로 나누는데 저규소용제(규소의 함유량이 35%이하)와 고규소용제, 망간용제와 무망간용제(망간함유량이 1%이하)로 나눈다.

용제는 만드는 방법에 따라 로안에서 성분들을 녹여서 만드는 녹임식용제와 가루형태의 성분들을 물유리에 뒤섞어 달구어 말리운 다음 알맹이형태로 만드는 안녹임식용제로 나눈다.

녹임식용제는 다음과 같은 세 단계 즉 용제원료의 예비처리, 녹임, 후처리를 거쳐 생산한다.

용제원료의 예비처리는 용접봉을 만들 때와 같이 씻어서 말리운 다음 가루내는것이다.

녹일 때 야금학적행정으로 일정한 화학조성과 물리적 및 화학적성질을 가진 고르로운 물질이 형성된다.

이와 같이 얻은 용제는 물통속에 조금씩 부어넣든가 또는 쇠겁에 부어 식힌 다음 기계적으로 바수어 알갱이를 만든다.

안녹임식용제의 생산은 용제원료들을 용접봉을 만들 때와 같이 마른 상태에서 섞음물을 고르롭게 하고 물유리용액으로 반죽해가지고 1~3mm의 알갱이로 만든다.

용제의 습기는 0.1%를 넘지 말아야 한다.

누기찬 용제는 철판, 함 등을 리용하여 250~300℃의 온도에서 30~40min동안 말리워 써야 한다.

4. 금속재료들의 용접

금속의 용접성은 어떤 금속들끼리 잘 용접되는가 잘 용접되지 않는가 그리고 용접한 다음에 사용조건에 만족되는가 만족되지 않는가를 규정하는 중요한 특성이다.

다시말하여 하나는 결합성질이고 다른 하나는 사용성질이다.

1) 탄소강의 용접

탄소강은 인민경제 여러 부문에서 제일 많이 쓰이는 재료이다.

그러므로 탄소강용접에서 제기되는 문제를 원만히 풀어나가는것은 매우 중요하다.

일반적으로 저탄소강은 용접이 잘되며 중탄소강은 열처리를 잘하면 합리적인 기계적성질을 보장할수 있으나 용접에서는 일련의 문제들이 제기된다.

(1) 저탄소강의 용접

용접구조물을 만드는데서는 탄소가 0.20~0.25%까지 들어있는 저탄소강을 제일 많이 쓴다.

즉 용접구조물의 많은 부분이 이 강철로 만들어진다.

이 강철들은 주로 건설구조물, 보이라, 차량, 배 등을 만드는데 쓰인다.

저탄소강은 잘 용접되는 금속에 속한다.

저탄소강을 용접할 때에는 용접구조물의 특성에 기초하여 용접방법과 기술공정을 정확히 선택하여야 한다.

저탄소강용접의 몇가지 특성을 보면 다음과 같다.

저탄소강을 용접할 때 이음금속의 조성은 기본금속의 조성과 별로 차이가 없다.

다만 그 차이는 기본적으로 이음금속에서 탄소함유량이 조금 낮으며 망간과 규소의 함유량이 조금 많은것이다.

이음의 기계적성질에는 랭각속도가 큰 영향을 준다.

때로는 저탄소강구조물을 용접한 다음 열처리한다.

열처리는 소려 및 소준할수 있다.

(2) 중탄소강과 고탄소강의 용접

중탄소강은 0.25~0.60%의 탄소를, 고탄소강은 0.6~2.0%의 탄소를 함유하고있다.

이 강철은 탄소함유량이 높기때문에 굳힘경향성이 세다.

이 강철들은 용접할 때 이음부와 소재의 세기가 같아지도록 하기 힘들고 이음부와 열영향구역(이음옆부분)에서 터짐이 생기며 이밖에도 탄소가 많으므로 가스구멍이 생기게 된다.

가스구멍을 막기 위해서는 쇠줄안의 탄소함유량을 낮추어야 하며 수소의 원천을 없애야 한다.

중탄소강과 고탄소강을 용접할 때에는 터짐이 쉽게 나타난다.

이것을 막기 위해서는 이음에서 소재가 차지하는 몫을 적게 해야 한다.

따라서 가는 직경의 용접봉과 약한 전류로 용접하여야 한다.

용접할 때 중탄소강은 250℃까지, 고탄소강은 450℃까지 미리 달구는것이 좋다.

주위매질의 온도가 섭씨 5℃보다 낮거나 바람이 부는 곳에서는 고탄소강용접을 절대로 하지 말아야 한다.

2) **합금강용접**

일반적으로 합금강은 탄소강에 비하여 용접성이 나쁘다.

이음금속과 소재와 용접봉의 화학조성이 같지 않으면 합금화가 잘 되지 않으므로 가소성이 차이나는 이음조직이 얻어진다.

한편 합금강은 열전도성이 나쁘기때문에 터짐이 쉽게 생길수 있는데 이것을 막고 질좋은 이음조직을 얻기 위하여서는 다음과 같은 기본대책을 세워야 한다.

낮은 온도와 찬바람이 부는 곳에서 용접하지 말아야 하며 필요한 경우에는 200~240℃정도 미리 달구고 용접하여야 한다.

용접속도를 지나치게 높여서는 안된다.

합금강은 직경이 가는 용접봉으로 용접하는것이 좋다.

용접봉은 쓰임목적에 맞게 질좋은것을 써야 한다.

실례로 크롬니켈불수강의 용접을 보자.

이러한 강철의 대표적인것은 크롬 18%, 니켈 18% 함유한 강철인

데 이 강철은 상온에서도 오스테니트조직을 가지며 내부식성과 내열성이 높고 인성이 높다.

이러한 강을 용접할 때 열간터짐이 심하게 일어난다.

보통방법으로는 불수강이 잘 용접되지 않지만 합리적인 기술공정에서 질좋은 용접봉으로 용접하면 기계적성질이 높은 용접이음을 얻을수 있다.

불수강은 직류에서는 직류역극성으로 용접하며 교류에서는 짧은 전호로 용접하는것이 좋다.

전류는 탄소강을 용접할 때 보다 퍽 낮게 정하는데 다음과 같은 식으로 결정한다.

$$I_{용}=35d_{용}$$

$d_{용}$-용접봉의 직경, mm

그리고 용접할 때에는 열전달을 보장하기 위하여 용접이음줄밑에 동판을 깔아주는것이 좋다.

3) 주철용접

주철은 2.0%이상의 탄소가 들어있는 철탄소합금이다.

주철에는 보통 탄소가 2.6~3.6%정도 들어있고 거기에 약간의 규소, 망간 기타 류황과 린이 혼입물형태로 들어있다.

주철에는 탄소가 많이 들어있으므로 성질상 강철과 차이난다.

그러므로 용접에서도 강철과 다른 특성을 나타낸다.

주철용접은 다음과 같은 일련의 특성을 가진다.

① 주철은 가소성이 낮으며 이음금속이 식을 때 고르지 못하게 줄어들기때문에 이음금속과 소재사이에서 큰 내부응력이 생긴다.

② 절삭가공하기가 어렵고 이음줄에 가스집이 생긴다.

③ 주철은 액류동성이 크므로 잘 흘러내린다.

때문에 주철의 용접은 수평위치에서만 가능하다.

④ 주철용접봉에는 흑연을 많이 넣어야 한다.

주철을 용접할 때는 소재를 미리 달구고 때야 하며 땐 후에는 천천히 식혀야 한다.

주철용접은 주철용접봉, 강철용접봉, 모넬용접봉(동 20~30%, 니켈

60~70% 이밖에 기타 적은 량의 망간, 철이 포함)으로 할수 있다.

강철용접봉으로 주철을 땜 때 이음부의 세기를 높이기 위해서 용접하려는 소재에 강철못을 박고 용접을 한다.

이밖에 주철을 동용접봉에 의해서도 용접할수 있다.

이 방법은 주로 주물품의 오작을 수리하는데 많이 쓴다.

4) 유색금속용접

(1) 동과 그 합금의 용접

동은 가소성이 좋고 전기 및 열전도도가 크고 여러가지 금속들과 쉽게 합금된다.

동합금에는 황동(Zn만 합금된것)과 청동(황동을 제외한 모든 합금)이 있다.

동은 용접할 때 쉽게 산화되여 CuO나 Cu_2O의 형태로 알갱이경계를 따라 배치된다. 산화동은 이음의 세기를 2~3배 떨군다.

동은 탄소전극을 리용하여 보탬쇠줄을 써가며 용접할수도 있고 동용접봉이나 아르곤가스분위기에서 용접할수도 있다.

동은 이밖에 아세틸렌가스용접도 할수 있다.

황동은 용접할 때 906℃에서 아연이 심하게 증발되기때문에 이음금속내에 가스집이 생길수 있다.

때문에 용접속도를 빠르게 하여 아연손실을 막아야 한다.

황동을 용접한 다음에는 600~650℃에서 소둔을 한다.

청동은 열간 또는 랭간상태에서 용접할수 있는데 용접할 때 청동안에 섞음물인 Sn, Si, Al 등이 산화되여 취성을 나타낼수 있다.

청동용접은 주로 직류정극성으로 하는데 속줄과 보탬쇠줄은 기본소재의 성분과 같은것을 쓴다.

청동을 용접한 다음에는 650℃에서 소둔하고 랭간상태에서 두드려주는것이 좋다.

(2) 알루미니움과 그 합금의 용접

알루미니움은 가볍고 가소성이 좋으며 공기중에서 잘 삭지 않고 전기를 잘 통과시킨다.

알루미니움은 쉽게 산화되며 높은 온도에서는 세기가 대단히 낮고

달구면 내부식성이 낮아진다.

알루미니움합금에는 씰루민(Al-Si계합금)과 듀랄루민(Al-Cu-Mg계합금)이 있다.

알루미니움과 그 합금은 가스용접, 손전호용접, 용제자동용접을 할 수 있다.

알루미니움과 그 합금을 용접할 때는 알루미니움이 산화되여 난용성(녹기 힘든)산화물인 Al_2O_3이 형성되는것을 막아야 한다.

이러한 목적을 위하여 피복제에 LiCl, KCl, NaCl 등을 넣어준다.

알루미니움용접봉을 만들 때 점착제로서 물유리를 쓰지 말아야 한다.

그것은 물유리가 알루미니움 그리고 기타 씌움감과 함께 알카리반응을 일으키기때문이다.

물유리대신에 진한 소금용액을 쓴다.

씌움한 다음 용접봉은 2h동안 대기중에서 말리우고 140~160℃온도에서 30min동안 말리운다.

알루미니움과 그 합금의 용접은 직류역극성에서 진행한다.

알루미니움 및 그 합금의 아르곤용접은 가장 완성된 용접방법의 하나이다.

참고자료

전기를 쓰지 않는 발열용접봉

이 용접봉은 전기 및 용접설비가 없는 임의의 장소에서 강철부분품에 대한 휴대용용접수단으로서 매우 효과적으로 쓸수 있다.

발열재료로는 산화철, 산화동, 알루미니움, 환원제로는 형석, 산화니켈, 염화나트리움, 염화카리룰, 점화재료로는 산화동, 염소산카리, 류황, 알루미니움을 쓴다.

이 용접봉은 화재요소가 없는 건조한 곳에 보관하며 기계적충격을 주지 말아야 한다.

5. 용접이음의 결함과 검사

1) 용접이음의 결함

용접이음의 결함은 크게 바깥결함과 안결함으로 나눈다.

바깥결함은 용접한 다음에 슬라크층을 없애면 눈으로 직접 볼수 있게 이음겉면에 나타나는 결함이고 안결함은 용접한 다음에 실험기구에 의하여서만 찾아낼수 있는 결함이다.

용접결함에는 변형, 터짐, 가스집, 불용착, 슬라크박힘, 열패움 등이 있다.

① 변형

용접변형은 용접할 때 소재가 국부적으로 가열되였다가 랭각되면서 금속조직의 변화, 용접구조물의 구속상태에 의하여 용접구조물의 모양이 변화되는 현상을 말한다.

용접변형은 구조물의 정밀도와 관계되는 중요한 인자로서 소재준비, 용접기술공정에 따라 그 정도가 차이난다.

② 터짐

용접터짐은 용접이음줄들에서 가장 위험한 결함들중의 하나이다.

터짐이 생기는것은 소재와 용착금속의 화학조성의 차이 그리고 이음줄을 갑자기 식히는것과 용접되는 부분품들이 큰 억세기를 가지고 결합되는것과 관련된다.

③ 가스집

용접이음의 가스구멍은 이음쇠물에 들어있던 가스가 쇠물이 식는 과정에 미처 빠져나오지 못한 결과에 생긴다.

즉 이음쇠물이 빨리 식으면서 거기에서 가스가 미처 빠져나오지 못하고 가스집형태로 이음금속에 남아있기때문에 가스구멍들이 생긴다.

④ 불용착

이것은 한층으로 용접할 때 소재와 용착금속사이에 용착이 안된것 혹은 여러층 용접할 때 층과 층사이가 제대로 녹아 붙지 못한 결함이다.

⑤ 슬라크박힘

용접이음안에 슬라크가 끼우는것은 여러층 용접을 할 때 다음층을 용접하기 전에 이음부에 있는 슬라크 및 산화물을 깨끗이 청소하지 못한

데로부터 생긴다.

⑥ 엷패움

엷패움은 소재가 녹아 용착금속으로 넘어가는 부분의 소재가 패우는것을 말한다.

이러한 결함의 원인은 용접봉을 잘 놀리지 못했거나 용접전류의 세기가 클 때 그리고 가스용접에서 용접버너의 치수가 큰 경우에 생길수 있다.

2) 용접이음의 질검사

용접이음의 질검사방법에는 용접이음을 파괴하여 검사하는 파괴시험법과 이음줄을 파괴하지 않고 질을 검사하는 비파괴시험법이 있다.

파괴검사는 실지 용접이음부를 파괴하여 검사하는 방법으로서 이 검사에는 기계적시험, 물리적시험, 화학적시험, 조직시험, 용접성시험 등이 속한다.

비파괴검사에는 겉보기검사, 방사선검사, 초음파검사, 전자기검사, 스밈검사 등이 속한다.

(1) 방사선검사

방사선검사에는 γ선검사와 χ선검사가 있다.

방사선검사원리도를 그림 2-71에 주었다.

방사선의 특징은 보통빛이 투과하지 못하는 불투명한 물체를 투과하고 기체를 이온화할뿐아니라 사진작용과 형광작용을 한다는 것이다.

그림 2-71. 방사선검사원리
1-방사선, 2-결함(가스집), 3-소재, 4-필림

그림에서 보는바와 같이 세기가 I인 방사선이 용접이음부의 세 부분을 통과한다고 하자.

그러면 가스집결함을 통과한 방사선 I_2의 세기가 가스집결함을 통과하지 않은 I_1 , I_3의 세기보다 더 크다.

즉 $I_2 > I_1 = I_3$ 이다.

따라서 I_2이 필림에 더 세게 작용한다.

결국 필림을 현상하면 이 부분이 더 검게 결함으로 나타나게 된다.

방사선검사는 용접이음줄과 이음줄근방구역에서 터짐, 불용착, 슬라크박힘, 가스구멍 등의 결함을 검사하는데 리용할수 있다.

(2) 스밈검사

스밈검사에는 스밈-배여나옴검사, 수압검사, 석유검사 등 여러가지 방법이 있다.

스밈-배여나옴검사는 다음과 같이 한다.

먼저 용접이음줄을 깨끗이 닦는다.

다음 스밈액을 바르고 15min정도 유지한다.

스밈액은 매우 잘 스며들기때문에 미세터짐에도 잘 스며든다.

다음 세척액으로 겉면을 씻어내고 그우에 현상액을 얇게 바르고 말리운다.

그러면 미세터짐으로 스며들었던 스밈액이 현상액으로 배여나오면서 붉은색으로 미세터짐보다 넓게 피여오른다.

이것을 눈이나 확대경으로 관찰하여 결함을 발견하는 방법이다.

스밈액의 색갈은 붉은색이고 현상액은 흰색이다.

이 검사는 화학공장들에서 탕크, 관들을 비롯한 매우 책임적인 구조물들을 검사하는데 많이 쓰인다.

특히 소재가 두꺼워 여러층 용접하는 경우에 매층에서 미세터짐과 가스집을 비롯한 매우 작은 결함들을 찾아내는데 많이 쓰인다.

석유검사는 매우 간단한 방법으로서 현장조건에서 적용하는 아주 간단한 방법이다.

석유는 매우 가는 구멍이나 터짐과 같은 결함을 쉽게 통과하는 성질을 가지고있다.

먼저 검사하려는 이음줄의 겉면을 잘 닦아내고 육안검사를 한다.

바깥검사에 의하여 나타난 모든 결함들을 수정한 다음 한쪽면의 이음줄에 백묵가루를 물에 타서 바른다.

백묵이 마른 다음에 그 반대쪽 이음줄에 석유를 바른다.

주위온도가 0℃이상일 때에는 12h이상, 0℃이하일 때에는 24h동안 유지한다.

만일 결함이 있으면 백묵가루를 바른쪽에 결함의 형태로 석유가 배여나온다.

이것을 보고 결함을 찾아서 다시 수정한다.

검사과정을 빠르게 하기 위하여 석유를 60℃정도로 가열하여 쓸수 있는데 이런 경우에 검사시간은 1.5~2h정도로 단축할수 있다.

참고자료

가소물용접

기계부분품을 만들 때 흑색금속대신에 주조가소물을 쓰면 원가를 1/2~1/6으로 낮출수 있고 유색금속대신에 가소물을 쓰면 원가를 1/4~1/6으로 낮출수 있다.

가소물부분품과 요소들사이의 용접방법은 모든 점에서 접착이나 리베트방법보다 우월하다. 그것은 속도가 빠르고 경제적이며 용접련결부의 세기가 견고하기때문이다.

가소물용접방법은 가열된 가스흐름, 가열용첨가제 및 열간공구, 한 형태의 에네르기를 다른 형태의 에네르기로 전환할 때 소재에서 생기는 열을 리용하는 용접방법이 있다.

용접이음줄의 질은 가소물소재의 지나간 력사 특히 원료의 순도, 제작과정에 가열된 정도 그리고 그후 열처리상태에 관계된다.

련습문제

1. 용접방법을 분류하여라.
2. 용접방법의 결함은 무엇인가를 말하여라.
3. 용접봉피복제는 어떤 작용을 하는가를 말하여라.
4. 전호는 어떻게 발생되는가를 말하여라.
5. 불수강을 용접할 때 주의해야 할 점들은 무엇인가를 말하여라.
6. 산소아세틸렌불길의 화학적변화를 설명하여라.